日本水産學會誌

第八巻　第四號

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 8, No. 4. Nov., 1939.

目　次

昭和十四年十一月

日本水産學會

The Japanese Society of Scientific Fisheries

TOKYO

CONTENTS

カツヲ漁獲水溫曲線の特性に就て

宇 田 道 隆

(水 產 試 驗 場)

On the Characteristics of the Frequency Curve for the Catch of "Katuo", *Euthynnus vagans* (Lesson), referred to the Water Temperature.

Mititaka Uda

SYNOPSIS

Based on the accurate records reported from the fishing-boats, about fifty in number, distributed on our Pacific side from 1936 to 1938, *N.-θ.* curves of "Katuo" (or the curves of the frequency of the catch of "Katuo" as ordinate against the surface water temperature as abscissa) were plotted and examined (Fig. 1). (1) *N-θ* curve referred to the sea-district off North-eastern Japan shows asymmetrical form, with a clear maximum lying on it, which can be considered as the result of deformation of a normal curve having equal area, as plotted by a dotted line in Fig. 1. On the higher temperature side of *N-θ* curve, another small and somewhat vague maximum is seen, which also corresponds to a smaller probability curve. The asymmetrical deviation of the curve to the lower temperature is explained by the accumulation of shoals of "Katuo" on the line of convergence (Cold Wall) corresponding to the polar front which is especially distinguished in summer. (2) In the southern, *Dunan* and *Satunan*, sea-districts, of Japan, *N-θ* curves are represented by the combination of two or three probability curves approximately.

水溫 θ に對する漁獲 N の曲線を Number of Catch and Temperature Curve の意味で便宜上 N-θ-**曲線** と名付ける。筆者はカツヲの N-θ-曲線の特性を從前より一歩進んで解析的に攻究したいと考へて、水產試驗場で特に目盛を檢査した寒暖計を全國約 50 隻のカツヲ漁船に配給して蒐集した所の正確な水溫漁獲資料中昭和十一・十二・十三年 3 ヶ年分につき調查した。

第 1 圖は斯樣にして作つた N-θ-曲線であるが、之等を通觀するに、**東北海區**では明瞭な漁獲の山が 20°〜21°C に現はれてをる。水溫に對する漁獲頻度の順位は 3 ヶ年共 20°C, 21°C, 22°C に對應してをる。當海區の N-θ-曲線形は非對稱で 3 ヶ年共各々相似てをり、水溫 18°〜20°C の範圍の曲線傾斜は 21°〜24°C の範圍の曲線傾斜よりずつと大きい。今假に魚群が生理的に好適な水溫の或る一定範圍に集まる傾向を持つてゐて其の集合が確率曲線で置換し得る形式に從ふものとしよう。之れは實際に餘り無理のない假定と思はれる。鰹釣漁業は魚群を見てなされるから、日本近海の魚群のをる範圍に就ては何處も均一に漁撈が行はれるとして大きな誤りはないであらう。然らば鰹の多く集群した水溫の海區ほど漁獲も多いわけであるから N-θ-曲線も矢張確率曲線の形になる。然るに上記の通り東北海區の鰹の N-θ-曲線は非對稱で、鰹魚群の低溫の側に偏して集まる傾向が推察される。即ち本來魚體の內的條

件から確率曲線

$$N=N_0e^{-k(\theta-\bar{\theta})^2} \quad (1)$$

の形で N-θ-曲線の作られる筈の處を、外的の海洋條件の爲に實際の N-θ-曲線は

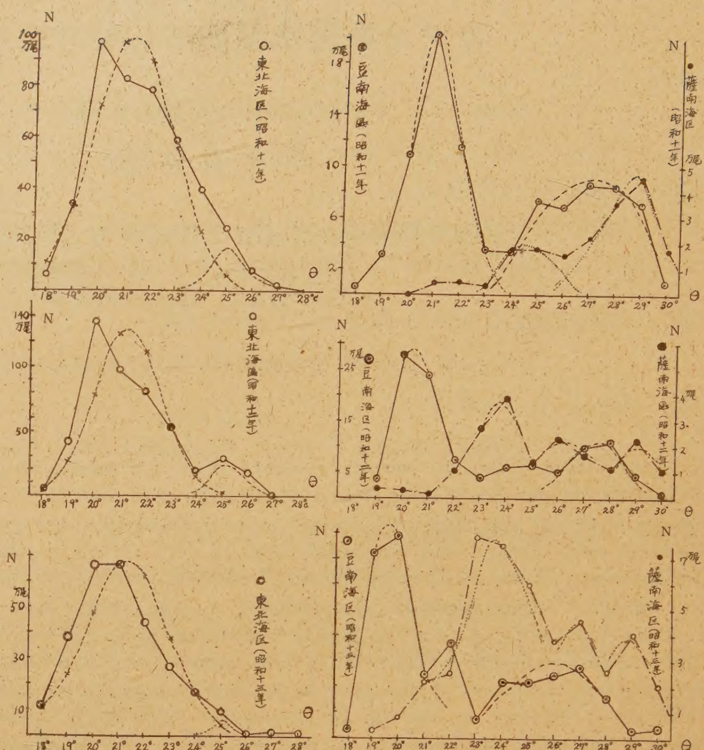
$$N=f(\theta) \quad (2)$$

となつてをる。然るに全體の魚群量從つて漁獲量が變らない以上 (1) と (2) の曲線の包む面積は各々相等しい筈である。

$$G=\int_{\theta_1}^{\theta_2}N_0e^{-k(\theta-\bar{\theta})^2}d\theta$$

$$=\int_{\theta_1}^{\theta_2}f(\theta)d\theta \quad (3)$$

(2) が與へられてをるから (3) を滿足するやうな (1) につき、Trial によつて圖的に



第 1 圖　カツヲ N-θ 曲線（實線及び鎖線）と近似的確率曲線（點線）

近似の曲線を描き、これから N_0 と $\bar{\theta}$ とをきめて曲線中數ケ處の k を計算し、之れから適當な k をきめて作つた $N'=N_0e^{-k(\theta-\bar{\theta})^2}$ を圖示したのが第 1 圖中の點線である。

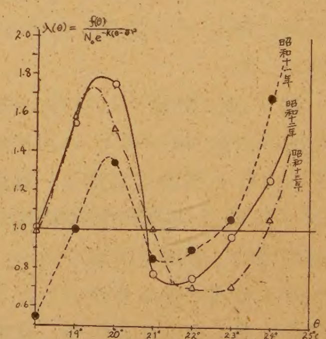
即ち　昭和十一年　$N=98\,e^{-0\cdot2(\theta-21\cdot3)^2}$，　昭和十二年　$N=130\,e^{-0\cdot3(\theta-21\cdot3)^2}$，

昭和十三年　$N=68\,e^{-0\cdot2(\theta-21\cdot3)^2}$

となつた。

$$f(\theta)=N_0e^{-k(\theta-\bar{\theta})^2}\lambda(\theta) \quad (4)$$

とすると計算された $\lambda(\theta)$ は第 2 圖に示すやうな曲線をなしてをる。即ち θ 18°～21°C では $\lambda(\theta)>1$ で 19.7°C 附近を極大とし、θ 21°～23°C では $\lambda(\theta)<1$ で、全體の曲線は振動的に見える。

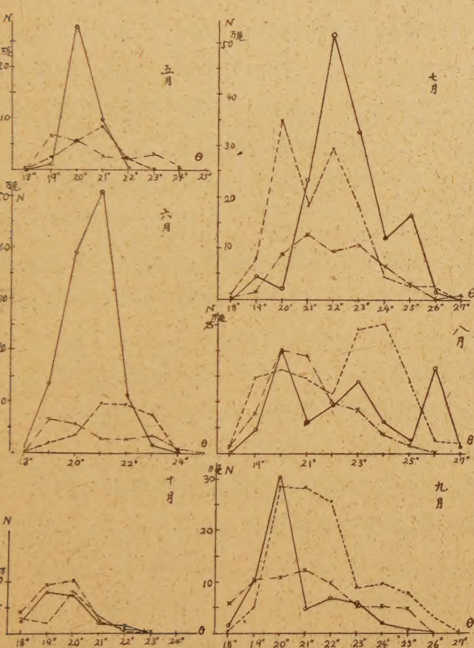


第 2 圖

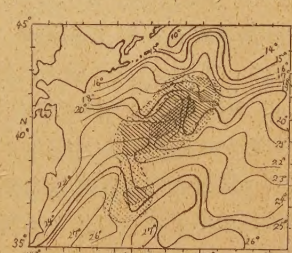
それでは斯樣な $\lambda(\theta)$ 曲線の示すやうな漁獲量の重心を低溫側に偏位せしめる外的海洋條件とは如何なるものであらうか。18°C の水溫で漁獲されるカツヲの量は19°C, 20°C の水溫で漁獲される量に比較して極く僅少であり、且この 18°C がカツヲ漁獲水溫の最低限界と見做し得るものである。カツヲ魚群が北方へ水溫帶の季節的移動に伴つて洄游し

て來た場合この低溫限界に近いところが流れの收斂する潮境に該當する[1]以上之れが一種の冷水壁 (Cold Wall) の作用をして魚群の前進を遮ぎる。しかも收斂線では下降流があるのに魚群が沈下出來ないとすると、魚群の先陣はこゝで壁の移動に伴つて直角方向に多少は移動し殊に壁に平行に移動することは自由であるけれども、壁に直角な方向の運動速度はこの附近へ來て急に減少する。從つて後から後から比較的大きな速度で前進して來た魚群はこの壁の附近で濃縮され魚群の密度を增すために低溫側に重心を偏位して漁獲量を增すに至ると考へられる。この潮境附近は等溫線の密接する所であるから魚群の空間的密度は著しく大きいものになり、更にこのやうな機構で一層增大されることになる。この事柄に就ては魚群の運動速度の分布、收斂に對應する集積量と共に改めて量的に吟味したいと考へてをる。

さて第 1 圖に於て高溫の側に θ 25°C 附近を中心とする小さい漁獲の山を考へて前述の 21·3°C を中心とする大きい漁獲の山を示す確率曲線にこの小さい確率曲線を加へないと $f(\theta)$ を說明出來ない。この小さい漁獲の山は昭和十一•十二年には明瞭で



第 3 圖　東北海區カツヲ月別 N-θ 曲線
----- 昭和十一年,　—○— 昭和十二年,
-·-×-·- 昭和十三年



第 4 圖　昭和十三年八月カツヲ漁場（斜線部）と水溫分布

十三年には稍不明瞭である。今月別に N-θ-曲線を作つて見ると第 3 圖に示す通り、七•八•九月頃に水溫に關して漁獲の山を 2 つ現はす時期があり、一つは θ 20°〜22°C に、他の一つは 24°〜26°C にある。而して之等に對應する漁場は第 4 圖の例に示す通り極前線[2]、第二次極前線[2]と唱へられる東北海區の 2 つの潮境を中心に現はれたものである。本海區のカツヲの魚體組成を見るに大部分中•小ガツヲで其の大•中•小の尾數比率は昭和十一年 5·2 : 43·6 : 51·2, 同十二年 5·4 : 86·2 : 8·4, 同十三年 19·2 : 33·5 : 47·3 であるが、前記の兩者に於ける組成はかなり相違し高溫側の方は低溫側の方より中ガツヲに對する小ガツヲの比率が明

(1)　宇田道隆：　東北海區の鰹漁場中心と潮境との關係.　日本水產學會誌　4 (6), 昭和十一年三月。
(2)　宇田道隆：　東北海區に於ける海況の變動に就て.　水產試驗場報告　(9) 1938 p. 28 及び
Suda, K.:　On the dissipation of the energy in the density current (2nd Paper). Geophys. Mag., 10 (2), 1936, 189〜193.

らかに大きくなつてをる。五•六月は概して魚群の移動が速やかで潮境で魚群の進行の阻止せられるやうな現象はそれ程著しくなく、七•八•九•十月に目立つて來る。このやうな事からも上記の考へが尤もらしく思はれる。

次に**豆南海區**の N-θ-曲線を見るに、東北海區の場合と異つて水温に對し顯著な 2 つの漁獲の山を現はし、明かに 2 つの確率曲線の合成として次のやうに近似的に表現出來る。

$$N=N_1e^{-k_1(\theta-\bar{\theta}_1)^2}+N_2e^{-k_2(\theta-\bar{\theta}_2)^2} \quad (\text{玆に } N_1\fallingdotseq 2{\cdot}5\,N_2) \qquad (5)$$

第一の漁獲の山は θ_1 20℃ を中心に 19°〜21℃ の範圍にあり、東北海區の年漁獲の山の位置に略近い。これは三•四•五•六月頃の春季に於て卓越する漁獲の山であり、漁場は豆南海區北部を中心とし、魚體は中ガツヲ及び小ガツヲを主とする。從つて漁期、漁場、魚體の連續と適溫の一致から考へて、この魚群が南方から東北海區に洄游して來る所謂“流れガツヲ”の重要なる一部分をなすものと考へて差支へなく、標識放流の成績も之れを支持してをる。豆南海區に於けるもう一つの高溫の側の山は θ_2 27℃ 附近を中心とするが餘り鋭い極大でなく平らであり、N_2 は N_1 の約 4 割の値である。この方は春から夏に亘つて五•六•七月を中心に秋にも多少漁れる所謂“島付きガツヲ”の方で、漁場は南部の小笠原方面であり、魚體は中ガツヲ、小ガツヲに對し大ガツヲの分量がかなり多くて殊に比較的中ガツヲの分量の少ないのが特徴である。

薩南海區の N-θ-曲線を作つて見ると豆南海區同様 2 つ（或ひは 3 つ）の極大を示し、之れも前同様 2 つ（或ひは 3 つ）の確率曲線の合成に依つて置換し得るものであるが、この N-θ-曲線は東北海區及び豆南海區と $\bar{\theta}$ の位置に相當著しい相違を示し、$\bar{\theta}_1$ は 23°〜24°〜(25℃) 附近に、$\bar{\theta}_2$ は 29℃ 附近に見られる。$\bar{\theta}_1$ は奄美大島以北の薩南近海漁場に對應する水溫であり、$\bar{\theta}_2$ は宮古•八重山方面の南方漁場に對應する水溫である。N_1 と N_2 の大小は年に依つて著しい差があり、昭和十一年は $N_2\fallingdotseq 2N_1$ なるに反し十二•十三年は $N_1\fallingdotseq 2N_2$ になつてをる。當海區では魚體の比率は大ガツヲの分が頗る大きく、中ガツヲの分が小さく、小ガツヲの分は中ガツヲの分より割合多い。卽ち豆南海區に似た傾向を持つてをるがそれより一層顯著であり、豆南海區ではカツヲの魚體に就ても N-θ-曲線に就ても東北海區の型と薩南海區の型との中間混合型と見做し得られる。

擱筆に當り本研究取纏中筆者に有益なる注意を與へられた日高孝次博士及び岡田光世氏に感謝する。

赤沼式比重計の比重測定精度に關する實驗（第一報）*

宇 田 道 隆・山 下 利 得

（水 産 試 驗 場）

Experiments on the Accuracy of Density Measurement by Means of the Akanuma's Hydrometer (First Report).

Mititaka UDA and Tosie YAMASITA

SYNOPSIS

Sources of errors attached to the pycnometry of sea water such as the variation of surface tension aroused by the varied condition of the glass surface of the hydrometer, by the contamination of water surface due to dust, oil etc. or by the convection in the water specimen, also with personal error, which are superposed in complexed manner, were investigated carefully. As the result of statistics and the experiments on the effects of the contamination of water surface etc. it was shown that the accuracy of the density measurement by means of the Akanuma's Hydrometer is usually of the order of 0.1 ‰ *S*.

I. 緒. 赤沼式比重計は硝酸銀に依る鹽素滴定法に對し密度鹽分を求める補助的器具として今日全國で使はれてをる。この比重計は赤沼德郎氏の考案に成るもので[1]、同氏は表面張力 T の爲めに比重計の沈められる深さが其の細管部の直徑に逆比例すること、水を注入した時及び管を入れた時は一般に T が減り、水を流出した時及び管を出した時は T が增すことを示し、之等の影響は比重 20（1·025<u>20</u> の 20 の意）位の變動を與へることを述べた。寺田博士は浮秤の値打と使ひ方を細かく述べ、注意すれば浮秤でも大方の役に立つとした[2]。又須田博士も海洋の研究には比重の最後の桁に 5 位の精度を欲し、油で汚れた手で比重計を扱つた時の影響を檢べて細管部及び水面の不純不潔の影響の大なる點を定性的に述べ、各觀測時に於ける條件を出來る丈け同一にして表面張力に基く讀取差を最小にし器差更正を忘れぬ樣に注意した[3]。其の後西田敬三・中井甚二郎兩氏は實驗の結果、比重計測定値に相當著しい正負の誤差を生ずるのは測定時に比重計の頸部を浸水する程度が不定なる爲めで、頸部を充分浸水した場合と水に浸さぬやうにして測つた場合と大差のあることを示し比重計の値の過高に出るのは測定時比重計を極めて徐々に水を入れ丁度浮く所で手を離す卽ち水際から上方の部分が乾いた儘測るから起るのではないかと述べた[4]。著者等は全國の觀測資料を整備統一する必要上比重計の精度に就て實驗を重ねて來たが、本稿では先づ s_p（比重瓶によ

---

* 本稿は昭和四・五年になされた實驗報告で水產物理談話會報 14, 昭和五年六月に揭げた舊稿を補訂したものである。

(1) 赤沼德郎： 浮秤を用ひて比重を測定する時の誤差及び讀み方 水產調査報告 11 (3), p. 221 水產局、明治三十五年。

(2) 寺田寅彥： Umi no Buturigaku. 大正二年. p. 117～119.

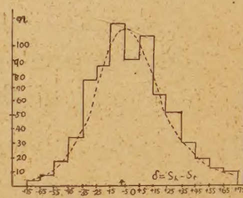
(3) 須田晥次： 赤沼式比重計の使用法に就て. 海洋氣象臺彙報. No. 24, p. 18. 昭和五年。

(4) 西田敬三・中井甚二郎： 赤沼式比重計に關する二三の實驗. 水產物理談話會報. 12 (32) pp. 508～511. 昭和六年。

る比重)[5], s_t（MOHR の鹽素滴定法による比重), s_h（赤沼式比重計による比重）の相互關係と各々の精度, 測定個人誤差を調査し、重要な誤差の原因と見られる表面張力の影響を調べたのである。

2. s_p, s_t, s_h の相互關係 (i) **統計的調査。** 大正十一年〜昭和三年の資料にき各府縣水産試驗場測定の s_h と本場鹽検 s_t との差を δ として其の頻度 n の曲線を作ると第 1 圖に示す通り略〻確率曲線 $n=n_0e^{-\kappa(\delta-\delta_0)^2}$ で表はされ、$\delta=-10$ 附近がモードになり確率誤差は ±15 となつた。

(ii) **實驗** (a). 昭和四年一月、山下•岡本兩氏の行つた豫備實驗の結果は第 1 表に示す通りで、之から平均値として $s_t-s_p=-6{\cdot}5$, $s_h-s_p=-20{\cdot}7$, $s_h-s_t=-14$. なる實驗結果を得た。

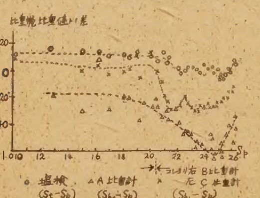


第 1 圖

實驗 (b). 昭和五年四月、第 1 回の實驗結果は第 2 表及び第

第 1 表 s_4^{15} 昭和四年一月 （自然海水）

No.	s_p	s_t	s_h	s_t-s_p	s_h-s_p	s_h-s_t
1	1·02590	1·02587	1·02568	− 3	−22	−19
2	2588	〃74	〃59	−14	−29	−15
3	〃86	〃79	〃60	− 7	−26	−19
4	〃86	〃83	〃64	− 3	−22	−19
5	〃86	〃79	〃64	− 7	−22	−15
6	〃86	〃74	〃64	−12	−22	−10
7	〃85	〃80	〃63	− 5	−23	−17
8	〃85	〃77	〃64	− 8	−21	−13
9	〃82	〃73	〃55	− 9	−27	−18
10	〃82	〃74	〃65	− 8	−17	− 9
11	〃81	〃74	〃59	− 7	−22	−15
12	〃81	〃74	〃64	− 7	−17	−10
13	〃81	〃74	〃58	− 7	−23	−16
14	〃79	〃65	〃64	−14	−15	− 1
15	〃77	〃71	〃53	− 6	−24	−18
16	〃77	〃73	〃59	− 4	−18	−14
17	〃76	〃72	〃53	− 4	−23	−19
18	〃75	〃71	〃56	− 4	−19	−15
19	〃75	〃67	〃54	− 8	−21	−13
20	〃74	〃71	〃54	− 3	−20	−17
21	〃73	〃67	〃54	− 6	−19	−13
22	〃72	〃67	〃48	− 5	−24	−19
23	〃57	〃49	〃34	− 8	−23	−15
24	〃55	〃49	〃43	− 6	−12	− 6
25	〃50	〃46	〃33	− 4	−17	−13
26	〃44	〃43	〃23	− 1	−21	−20
27	〃40	〃31	〃19	− 9	−21	−12
28	2461	2457	2452	−14	− 9	− 5
平均	—	—	—	− 6.5	−20.7	−14.1
29	1885	1879	1832	− 4	−51	−47
30	1663	1663	1612	− 0	−51	−51



第 2 圖

2 圖に示す如くである。この方は(a)の結果を包括するもので(a)實驗は狹い範圍に適合する近似式に過ぎない。赤沼式 B 號比重計の s_h は比重 1·02〜1·026 の範圍では s_p より 0〜30 低く出る。然るに s_t は 1·022 以下では s_p より 10 位高く出た以外殆んど s_p に一致した。赤沼式 A 號比重計では −(20〜60) と云ふ大きな誤差を示し、50 も怪しい場合が度々あつた。

3. 比重測定に於ける個人誤差.

昭和五年水産試驗場で實驗者 6 人の個人差を 3 回反覆して實驗した結果によると s_t では個人差の確率誤差 (p.e.) は ±4 以下で最大誤差も 10 以上になることは少ない。然るに B 比重計の s_h では p.e. ±17 位で最大誤差 ±20 內外に達してゐる。地方各縣の s_t と本場の s_t の差を同一海水に就て調べると p.e. 多く ±10 以下で、

(5) University of California Publication in Zoology. **15** (1), 1915, p. 29.

第 2 表 s_4^{15}（昭和五年四月十日～廿八日）（水溫 16°～18°C）

No.	Pycnometer	Titration	B Hydrometer	A Hydrometer	s_4^{15} の 偏 差			
	s_p 2 回平均	s_t 2 回平均	s_{h_1} 4 回平均	s_{h_2} 4 回平均	s_t-s_p	$s_{h_1}-s_p$	$s_{h_1}-s_t$	$s_{h_2}-s_p$
1	1·02631	1·02635	1·02629	1·02587	+ 4	− 2	− 6	−44
2	2611	2617	2604	2558	+ 6	− 7	−13	−53
3	2606	2603	2590	2572	− 3	−16	−13	−34
4	2588	2587	2569	2547	− 1	−19	−18	−41
5	2570	2565	2551	2521	− 5	−19	−14	−49
6	2561	2552	2539	2496	− 9	−22	−13	−65
7	2553	2547	2531	2491	− 6	−22	−16	−62
8	2544	2538	2521	2482	− 6	−23	−17	−62
9	2531	2521	2506	2477	−10	−25	−15	−54
10	2513	2510	2488	2447	− 3	−25	−22	−66
11	2485	2480	2456	2433	− 5	−29	−24	−52
12	2462	2463	2433	2402	+ 1	−29	−30	−60
13	2441	2439	2412	2389	− 2	−29	−27	−52
14	2419	2415	2393	2362	− 4	−26	−22	−51
15	2392	2394	2365	2337	+ 2	−27	−29	−55
16	2363	2359	2337	2309	− 4	−26	−22	−54
17	2345	2343	2314	2286	− 2	−31	−29	−59
18	2319	2317	2289	2271	− 2	−30	−28	−48
19	2298	2298	2271	2251	0	−27	−27	−47
20	2272	2273	2247	2226	+ 1	−25	−26	−46
21	2249	2247	2228	2201	− 2	−21	−19	−48
22	2219	2215	2192	2180	− 4	−27	−23	−39
23	2197	2197	2168	2118	0	−29	−29	−29
24	2161	2166	2131	2125	+ 5	−30	−35	−36
25	2130	2140	2106	2099	+10	−24	−34	−31
26	2110	2115	2091	2075	+ 5	−19	−24	−35
27	2081	2096	2070	2052	+15	−11	−20	−29
28	2057	2062	2056	2035	+ 5	− 1	− 6	−22
29	2007	2016	2018	1978	+ 9	+11	+ 2	−29
30	1963	1974	1972	1937	+11	+ 9	− 2	−26
31	1917	1925	1907	1878	+ 8	−10	−18	−39
32	1865	1876	1865	1845	+11	0	−11	−20
33	1814	1826	1810	1795	+12	− 4	−16	−19
34	1721	1731	1715	1692	+10	− 6	−16	−29
35	1615	1627	1621	1623	+12	+ 6	− 0	+ 8
36	1513	1526	1508	1482	+13	− 5	−18	−31
37	1315	1330	1814	1295	+15	− 1	−16	−20
38	1016	1028	1028	——	+12	+12	0	——
39	482	498	477	——	+16	− 5	−21	——

s_t の p.e. Nos. 21～27：$\pm5{\cdot}5\times10^{-5}$, Nos. 28～39：$\pm11{\cdot}5\times10^{-5}$, Nos. 1～39：$\pm$ $7{\cdot}8\times10^{-5}$
s_{h_1}の 〃 ：±24 〃 , 〃 ：± 4 〃 , 〃 ：±20·1 〃

最大でも ±16 であつた。然るに其の同じ海水に就て地方各縣の s_h と本場の s_t との差は p. e. 悉く 10 を越え ±20 に近い。卽ち比重計の s_h は注意して行はれた鹽素滴定法の s_t に比較し約 4 倍も大きい誤差を示してをる。又 s_t の誤差は個人に依つてかなり區々で不規則とは云へ ±10 以下の小さい値に止まるに對し s_h の個人誤差は比較的系統的であるが ±20 に近い大きい値を示す。

4. 比重計に依る比重測定誤差の原因

之れには i）水表面薄膜の狀態に依るもの、 ii）熱對流（冬夏晝夜等器内外の溫度差に基く對流）によるもの、 iii）容器内の水の風などで起つた力學的運動に依るもの、 iv）容

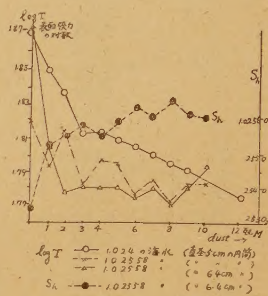
器の大いさと容器に注入する液量の多寡によるもの等の諸原因が考へられる。次に (iv) と (i) に關する實驗結果を述べる。

容器の大小の影響は濾過海水に就き 2 回實驗を重ね、直徑 3·6 cm から 24 cm に至る 11 箇の容器中で各々 10 回宛測定を反覆した。其の結果容器に依る差は比重 10 以下の僅小で各 10 回の p. e. の平均 ±6 であり確然たる影響を示さなかつた。

容器に入れた液量の多少の影響は直徑 5 cm、及 9·3 cm の 2 通りの硝子筒に就き液柱を 22 cm より 30 cm 迄 9 通りに變へて實驗したが判然たる結果を得なかつた。

海水の表面汚染と表面張力 (T dyne·cm^{-1}) と S_h との關係

從來比重測定誤差の最重要なる原因と唱へられる表面張力の影響に就き一定汚染物の量を増して行つて如何なる變化を生ずるか數量的の實驗を行つた所、第 3 圖に示すやうに汚染量 M mg の増加すると共に表面張力 T を低減し其の爲め比重計がより高く浮き上り s_h を増すことを知つた。そしてアルコールに依る汚染の場合は 50 mg 入れても僅かに 1·5 dyne·cm^{-1} の減少に對し、機械油では最初の 1 mg 入れて既に 5 dyne·cm^{-1} 減り 10 mg では 10·4 dyne·cm^{-1} 減る。又塵埃の影響は更に大きく 12 mg 入れると 15 dyne·cm^{-1} も減つた。そして塵埃の s_h に及ぼす影響は 10〜30 に達するが、3 回實驗しても結果は不同で一定しない。



第 3 圖

第 3 圖から $-\dfrac{\Delta T}{T}=\lambda\Delta M$, 從つて T と M との關係は

$$T=T_0e^{-\lambda M}\quad\begin{cases}\lambda=1{\cdot}9 & M<2\,\mathrm{mg}\\ \lambda=0{\cdot}5 & M>2\,\mathrm{mg}\end{cases}\tag{1}$$

なる實驗式で近似的に表はし得られる。即ち $M<2$ mg といふ水の薄膜の狀態から $M>2$ mg に對應する塵埃薄膜の狀態に急に移るものと考へられる。油膜の場合でも同樣に M が最初の 1 mg 以内の時に急に T が減り其の後の減り工合と異なるのも水の薄膜狀態から油膜の狀態に一變するからであらう。今半徑 r の細管を有する比重計を密度 ρ の海水に浸し水表面の表面張力 ΔT の變化に對し Δh（比重計の讀取値 Δs）だけ浮沈を生じたとする。然らば $\pi r^2\Delta h\rho g=2\pi r\Delta T_0$ であり、$\Delta s=k\Delta h$ であるから

$$\Delta s=2k\frac{\Delta T}{\rho gr}\tag{2}$$

(2) に (1) を入れて

$$\Delta s=-\frac{2k\lambda T}{\rho gr}\Delta M\tag{3}$$

即ち比重讀取値の誤差は表面張力に比例し、汚染量の變化に比例する。

今赤沼式 B 號比重計に於て $r=2{\cdot}3$ mm で 1 目盛の長さ 1·24 mm が比重 20 であるから c.g.s. 單位で $k=(6{\cdot}2)^{-1}\times10^3$、$\rho=1{\cdot}0255$ の海水で $\Delta T=10$ dyne·cm^{-1} 表面張力が變化したとすると (2) から $\Delta s=2\times\dfrac{10^3}{6{\cdot}2}\times\dfrac{10^2}{1{\cdot}0255\times980\times2{\cdot}3}\fallingdotseq14$ だけ比重讀取値が變はる。これは 2. (i) で統計的にえられた p. e. ±15 と一致する。次に實測から求めると $M<1$ mg の範圍では $\Delta s/\Delta T$ は略 2×10^{-5} であり (2) 式から算出した値に近い。T は海水の鹽分が濃くなる程増

大する傾向はあるが一定水温 (25°C) の下に 15 % で 72·7 dyne·cm⁻¹ から 35 % で 74·1 dyne·cm⁻¹ になる程度で其の影響は極く小さい。

結び 第 3 圖で見るやうに $\Delta T/\Delta M$ は $M=0$ mg に近い最初の僅かな汚染に對しては甚はだ大きく區々の誤差を生ずる原因になる。要するに僅かの水面汚染により 10 dyne·cm⁻¹ 位の表面張力變化を生ずれば Δs_{n} は 15 位になるから、赤沼式比重計では鹽素滴定法では確實に得られる比重の 5 迄の精度を得る事は困難である。しかし現在の檢定を經た B 號比重計では 20（0·35 % 位）以上の違ひは先づないとしてよい。之等を念頭に置き器及び水表面の清潔に注意して使用すれば比重計は簡便低廉の長所により有用に使用出來る。

終りにこの實驗に器具等お世話になつた水產講習所物理學教室及び結果につき御教示を受けた故寺田博士に感謝する。

昭和十二・十三兩年度に於ける北洋鮭鱒屬魚類の標識放流試驗に就て

佐　藤　六　治

（農 林 省 水 産 局）

On Salmon Tagging Experiments in Northern North Pacific, in 1937 and 1938.

Rokuzi SATÔ

SYNOPSIS

This report embodies the results of salmon tagging experiments made by three guard ships of Bureau of Fisheries, Kaihô-maru, Syunkotu-maru and Syôhô-maru and by a training ship belonging to Hakodate Colledge of Fisheries, Osyoro-maru in the east and west sides of Camchatska in 1937 and 1938.

1937, 1938 兩年度に於て農林省水産局漁業取締船快鳳丸，俊鶻丸（1937 年には祥鳳丸も施行）は北洋漁業取締の傍ら鮭鱒流網漁業試驗を行ひその漁獲魚の一部を以て標識放流試驗を行つた。又函館高等水産學校練習船忍路丸も農林省の依賴により放流試驗に參加した。即ち快鳳丸は 1937 年に於ては主としてコマンドルスキー群島の周圍（5 ケ所）及びカムサッカ東海岸南部（1 ケ所）に於て、1938 年はカムサッカ東海岸コズロフ岬よりアリューシャン群島南側に沿ひ北緯 50 度 55 分東經 175 度 5 分の地點に至る線及びナヷリン岬よりミツドヌイ島とアッツ島との中間を結ぶ線に沿ふ 22 ケ所の地點に於て施行し、俊鶻丸及び忍路丸は兩年共カムサッカ西海岸南部に於て施行した。又祥鳳丸は 1937 年カムサッカ東西兩海岸南部にて施行した。標識方法は從來通りセルロイド板に銀線を附したるものを魚體の尾柄部に取付けることにした。

尙昭和十一年迄の試驗により鮭鱒屬魚類のカムサッカ半島接岸後の洄游路は大體判明してゐるので(1)、兩年共なるべく沖合に於て施行する事とし、殊に快鳳丸はアリューシャン群島の中央部附近迄進出して試驗した。本報告は此等諸船の試驗結果を取纏めたものである。

本報告をなすに當り北洋の怒濤と鬪ひつつ數ケ月の長きに亘り尊い試驗に從事せられた快鳳丸船長武富榮一氏、俊鶻丸船長日比義三氏、祥鳳丸船長大島春三氏、忍路丸船長大垣光平氏外 4 船乘組員御一同に對し深く感謝の意を表する次第である。

本試驗の概括的結果は第 1 表及び第 2 表の通りである。

再捕に關する詳細なる結果は第 3 表及び第 4 表の通りであり、之を圖示したものが第 1 圖である。

---

(1) 佐藤六治： 昭和十一年度北洋産鮭鱒屬魚類の標識放流試驗に於て判明せる新洄游路に就て　第一報ベニマス第二報サケ第三報カラフトマス　日本水産學會誌 9 (4), 6 (5), 6 (6), 昭和十三年

第 1 表　1937 年度標識放流試験成績

魚種	放流數		再捕數	再捕率
ベニマス	快鳳丸	142	2	1%
	俊鶻丸	5	2	40
	忍路丸	3	3	100
サケ	快鳳丸	93	7	8
	俊鶻丸	83	3	4
	忍路丸	6	2	33
カラフトマス	快鳳丸	55		—
	俊鶻丸	60		—
	忍路丸	275	17	6
魚種不明	俊鶻丸	24		—
	祥鳳丸	147	ベニマス 1 サケ 4 カラフトマス 12	12
計	快鳳丸	290	9	3
	俊鶻丸	172	5	3
	忍路丸	284	22	8
	祥鳳丸	147	17	12
	計	893	53	6

備　考:　祥鳳丸は放流時に際し魚種に注意せずに放流した。

第 2 表　1938 年度標識放流試験成績

魚種	放流數		再捕數	再捕率
ベニマス	快鳳丸	394	5	1%
	俊鶻丸	37	9	24
	忍路丸	16	3	19
サケ	快鳳丸	453	9	2
	俊鶻丸	31	—	
	忍路丸	4	—	
カラフトマス	快鳳丸	4	—	
	俊鶻丸	70	—	
	忍路丸	293	8	3
計	快鳳丸	851	14	2
	俊鶻丸	138	9	7
	忍路丸	313	11	4
	計	1302	34	3

第 3 表　1937 年度再捕一覽表

魚種	標識番號	放流月日	再捕月日	放流位置	再捕位置	經過日數	最短移動距離	一日平均移動距離	放流者
		月 日	月 日	° ′	° ′	日	浬	浬	
ベニマス	1620	7.25	7.27	N 50—46 E 157—10	N 50—26 E 156—15	2	25	12·5	祥鳳丸
〃	731	6.20	6.26	54—15 166—08	54—06 161—40	6	160	26·7	快鳳丸
〃	594	6.19	6.25	54—37 164—35	54—03 161—56	6	100	16·7	〃
〃	159	7.10	7.26	51—29 155—00	コーロ 788 (ケフタ河口南 2·65 粁)	16	153	9·6	俊鶻丸
〃	121	7.10	7.31	51—21 154—00	ヤイナ 861 (ヤイナ河口北 4·77 粁)	21	57	2·7	〃
〃	997	7.25	7.31	51—50 156—13	〃	6	16	2·7	忍路丸
〃	832	7.25	7.27	51—50 156—13	オゼルナヤ 867 (オゼルナヤ河口北 6·11 粁)	2	18	9·0	〃
〃	860	7.25	8. 1	〃	オゼルナヤ 865 (オゼルナヤ河口北 11·13 粁)	7	16	2·3	〃
サケ	1501	7. 1	7. 3	ロパトカ岬 東 17 浬	50—45 157—00	2	24	12·0	祥鳳丸
〃	2507	6.20	7.25	54—15 166—08	50—28·5 156—36·5	35	425	12·1	快鳳丸
〃	2754	6.23	8. 1	56—11 165—59	51—41 158—23	39	398	10·2	〃
〃	785	6.23	7.26	56—11 165—59	51—44 158—35	31	390	12·6	〃
〃	142	7.10	7.28	51—29 155—00	テジマ 771 (テジマ河口南 2·65 粁)	18	162	9·0	俊鶻丸
〃	145	7.10	8. 2	51—29 155—00	コーロ 778 (ケフタ河口南 2·65 粁)	23	153	6·7	〃

第 3 表 の續き

魚種	標識番號	放流月日	再捕月日	放流位置	再捕位置	經過日數	最短移動距離	1日平均移動距離	放流者
		月 日	月 日	° ′		日	浬	浬	
サケ	578	6. 18	7. 1	N 54—37 E 164—35	カムカ 987 (カム河口 東北 8·48 粁)	13	118	9·1	快鵠丸
〃	790	6. 22	7. 5	56—11 165—59	カムカ 988 (カム河口 東南 12·10 粁)	〃	130	10·0	〃
〃	175	7. 10	7. 27	51—21 154—00	北オロ 757 (オロスカヤ河口 北 32·33 粁)	17	183	10·8	俊鵠丸
〃	1547	7. 8	7. 27	52—00 156—14	北オロ 754 (オロスカヤ河口 北 38·69 粁)	19	154	8·1	祥鳳丸
〃	2530	6. 22	8. 29	56—11 165—59	ウリヤ 374 (ウリヤ新河口 東 11·13 粁)	68	1270	18·7	快鳳丸
〃	1571	7. 22	8. 1	51—25 157—50	コンパ 743 (コンパユワ舊河口 南 6·8[illegible] 粁)	10	445	44·5	祥鳳丸
〃	947	7. 24	8. 3	51—50 156—13	ヤイナ 858 (コセゴチク河口 南 4·77 粁)	〃	12	1·2	忍路丸
カラフトマス	1533	7. 4	7. 6	50—49 157—20	占守島中川	2	34	17·0	祥鳳丸
〃	1510	7. 2	7. 8	ロパトカ岬 東 17 浬	〃	6	30	5·0	〃
〃	1614	7. 23	8. 17	51—00 157—25	幌莚島鰐川	25	68	2·7	〃
〃	1649	7. 25	7. 28	50—46 157—10	幌莚島荒畑崎	3	42	14·0	〃
〃	1627	7. 25	〃	50—46 157—10	占守島鶴島	〃	30	10·0	〃
〃	1616	7. 23	〃	51—00 157—25	占守島中川	5	43	8·6	〃
〃	1529	7. 4	7. 9	50—49 157—20	阿頼度島ローソク岩	〃	162	32·4	〃
〃	1609	7. 23	7. 29	51—00 157—25	〃	6	174	29·0	〃
〃	2562	7. 1	7. 3	54—13 161—00	54—11 162—02	2	36	18·0	快鳳丸
〃	809	7. 25	7. 30	51—50 156—13	オパラ 848 (オパラ河口 北 15·37 粁)	5	15	3·0	忍路丸
〃	620	〃	〃	〃	〃	〃	〃	3·0	〃
〃	1557	7. 23	8 8	51—00 157—25	北キシカ 823 (ボリシャヤ河口 北 12·72 粁)	16	280	16·5	祥鳳丸
〃	859	7. 25	7. 30	51—50 156—13	南キシカ 837 (ボリシャヤ河口 南 27·56 粁)	5	33	6·6	忍路丸
〃	968	7. 24	8 9	〃	〃	16	〃	2·1	〃
〃	998	7. 25	8. 1	〃	南キシカ 829 (ボリシャヤ河口 南 10·60 粁)	7	40	5·7	〃
〃	851	〃	7. 27	〃	ヤイナ 860 (ヤイナ河口 北 6·89 粁)	2	15	7·5	〃
〃	1626	〃	8. 3	50—46 157—10	ヤイナ 862 (ヤイナ河口 北 2·65 粁)	9	230	25·6	祥鳳丸
〃	869	〃	8. 3	51—50 156—13	ヤイナ 860 (ヤイナ河口 北 6·89 粁)	9	17	1·9	忍路丸
〃	960	7 24	7. 24	〃	ヤイナ 857 (コセゴチク河口 南 2·65 粁)	1	11	11·0	〃
〃	914	〃	7. 25	〃	〃	〃	〃	〃	〃
〃	910	〃	〃	〃	ヤイナ 858 (コセゴチク河口 南 4·77 粁)	〃	12	12·0	〃
〃	948	〃	7. 27	〃	〃	3	〃	4·0	〃
〃	1638	7. 25	7. 28	51—46 157—10	ヤイナ 857 (コセゴチク河口 南 2·65 粁)	〃	236	78.7	祥鳳丸
〃	846	〃	〃	51—50 156—13	〃	〃	11	3·7	忍路丸

第 3 表　の續き

魚種	標識番號	放流月日	再捕月日	放流位置	再捕位置	經過日數	最短移動距離	1日平均移動距離	放流者
		月 日	月 日	° ′		日	浬	浬	
カラフトマス	916	7.24	7.31	N 51—50 E 156—13	ヤイナ 857 (コセゴチク河口 南 2·65 粁)	7	11	1·6	忍路丸
〃	980	〃	8. 4	〃	〃	11	〃	1·0	〃
〃	608	7.25	7.26	〃	コセゴチク 856 (コセゴチク河口 北 2·65 粁)	1	〃	11·0	〃
〃	639	〃	7.27	〃	コセゴチク 854 (コセゴチク河口 南 4·77 粁)	2	10	5·0	〃
〃	867	〃	7.28	〃	コセゴチク 856 (コセゴチク河口 北 2·65 粁)	3	11	3·7	〃

備考：再捕位置欄記載の地名及番號は露領日魯漁業會社漁區の地名及番號なり。尙再捕魚中再捕位置不明のもの 2 尾あり。又放流月日不明のもの 2 尾あり之は省略する。

第 4 表　1938 年度再捕一覽表

魚種	標識番號	放流月日	再捕月日	放流位置	再捕位置	經過日數	最短移動距離	1日平均移動距離	放流者
		月 日	月 日	° ′		日	浬	浬	
ベニマス	3033	6.14	8.22	N 51—27 E 173—35	柏原南東 30 浬	69	644	9·3	快鳳丸
〃	2616	5.22	6.14	54—17 163—33	54—21 162—00	23	55	2·0	〃
〃	2730	5.27	6.17	53—32 166—20	カム河 979 (カム河口 西南 9 浬)	21	216	10·3	〃
〃	2773	〃	〃	53—32 166—20	カム河 981 (カム河口 西南 8 浬)	〃	215	10·2	〃
〃	2857	5.23	6.16	53—55 165—01	〃	19	170	8·9	〃
〃	411	7.24	7.31	51—52 156—19	ヤイナ 860 (ヤイナ河口 北 4 浬)	7	14	2·0	忍路丸
〃	497	〃	7.26	〃	コセゴチク 857 (コセゴチク河口 南 2 浬)	2	10	5·0	〃
〃	483	7.25	7.27	〃	コセゴチク 855 (コセゴチク河口 北 2 浬)	〃	9	4·5	〃
〃	786	7.28	8. 4	51—07 154—00	オゼルナヤ 867 (オゼルナヤ河口 北 3 浬)	7	95	13·6	俊鶻丸
〃	826	〃	8. 7	〃	ヤイナ 861 (ヤイナ河口 北 3 浬)	10	98	9·8	〃
〃	788	〃	8. 1	〃	コセゴチク 858 (コセゴチク河口 南 3 浬)	4	99	24·8	〃
〃	731	〃	8. 3	〃	コセゴチク 857 (コセゴチク河口 南 2 浬)	6	100	16·7	〃
〃	772	〃	8. 4	〃	〃	7	〃	14·3	〃
〃	739	〃	〃	〃	コセゴチク 858 (コセゴチク河口 南 3 浬)	〃	99	14·1	〃
〃	776	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
〃	828	〃	〃	〃	オパラ 844 (オパラ河口 北 12 浬)	〃	111	14·4	〃
〃	813	〃	8. 3	〃	オパラ 843 (オパラ河口 北 13 浬)	6	112	18·7	〃
サケ	2904	6. 2	7. 4	53—06 167—43	擂鉢南東微東 22 浬	32	477	14·9	快鳳丸
〃	2916	〃	7. 6	〃	占守島田中根	34	452	13·3	〃
〃	3276	6. 25	8.10	52—10 170—50	幌莚島松茸岩	46	474	10·3	〃

第 4 表 の續き

魚種	標識番號	放流月日	再捕月日	放流位置	再捕位置	經過日數	最短移動距離	1 日平均移動距離	放流者
		月 日	月 日	° ′		日	浬	浬	
サケ	3300	6. 25	8. 2	N 52—10 E 170—50	幌莚島能川	38	482	12·7	快鳳丸
〃	2890	5. 28	6. 15	53—55 165—01	54—09 162—15	18	100	5·6	〃
〃	2621	5. 22	5. 29	54—17 163—33	54—33 162—59	38	25	0·7	〃
〃	3434	6. 28	7. 20	55—40 172—10	カラガ 1097 (カラガ灣入口東北 2 浬)	22	376	17·1	〃
〃	3449	〃	7. 17	55—40 172—10	カユム 1090 (カユム河口北 7 浬)	19	372	19·6	〃
〃	2972	6. 10	8. 11	50—55 175—05	コセゴチク 857 (コセゴチク河口南 2 浬)	62	920	14·9	〃
カラフトマス	333	7. 24	7. 25	51—52 156—19	オパラ 851 (オパラ河口北 5 浬)	1	14	14·0	忍路丸
〃	486	7. 25	7. 27	〃	オパラ 849 (オパラ河口北 7 浬)	2	17	8·5	〃
〃	228	7. 24	7. 26	〃	オパラ 843 (オパラ河口北 13 浬)	〃	22	11·0	〃
〃	245	〃	〃	〃	南キシカ 828 (ボリシャヤ河口南 5 浬)	〃	42	21·0	〃
〃	479	7. 25	〃	〃	南キシカ 837 (ボリシャヤ河口南 14 浬)	1	31	31·0	〃
〃	494	7. 24	8. 7	〃	南キシカ 836 (ボリシャヤ河口南 12 浬)	14	34	24·3	〃
〃	205	7. 25	8. 3	〃	北キシカ 823 (ボリシャヤ河口北 7 浬)	9	52	5·8	〃
〃	386	〃	7. 28	〃	コセゴチク 858 (コセゴチク河口南 3 浬)	3	11	3·7	〃

次に本試驗結果に關し考察を加へる事とする。

A. 1937 年度試驗結果

(1) 從來カムサッカを中心とする北洋に於ける標識放流試驗は沿岸及び其の沖合 50 浬位迄に限られ、より沖合にて行はれた事なく從つてコマンドルスキー群島附近の放流試驗は 1937 年度を以て嚆矢とする。

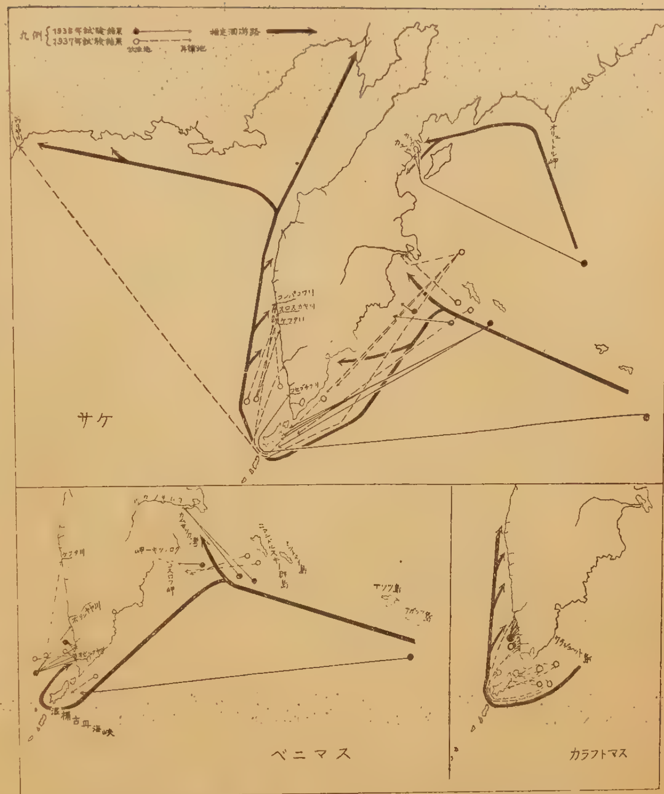
(2) コマンドルスキー群島附近以外に於てはカムサッカ半島東西兩岸南部及び北千島附近近海で行つたが、之は何れも從來判明した洄游路[1]を裏書したものに過ぎぬ。即ち東海岸南部にて放流したものは西南進し、北千島東岸にて又は更に溫禰古丹水道よりオホツク海に出てカムサッカ西海岸で再捕された。又西海岸南部で放流されたものはベニマス及びカラフトマスの一部が放流地附近の漁區で再捕された以外は何れも北上して西海岸中部で再捕された。

(3) コマンドルスキー群島附近で放流して再捕された 8 尾の內同群島北部で放流したものは 4 尾(何れもサケ)で、內 1 尾はカムサッカ灣內漁區で再捕され、3 尾は西南進し內 2 尾は東海岸南部近海で再捕され、殘り 1 尾は更に南下し北千島からオホツク海に出て遠くウリヤ(374 號漁區)で再捕された。

又同群島南部で放流して再捕された 4 尾(ベニマス 2 サケ 2)中サケの 1 尾は西北進してカムサッカ灣內漁區で再捕され、他の 1 尾は西南進し幌莚島東岸で再捕された。又ベニ

マス 2 尾は西進コズロフ岬沖にて再捕された。以上 8 尾中カムサッカ灣内漁區で再捕された 2 尾を除く他の 6 尾は何れも東海岸を南下し、西海岸（又はオホツク地方）に洄游すべき群團に屬してゐたものと推定される。

（4） 此の結果從來六月頃クロノツキー岬附近に出現して南下又は北上する群團は大體コマンドルスキー群島南方より來るものの如く想像されてゐたが、本試驗の結果同群島北方から來るもののあることが判明した。尤も同群島附近の流網漁業試驗の結果によれば同群島南方の魚群は北方のそれより濃厚である樣だ。



第 1 圖　標識放流試驗結果

（5） 本試驗と從來の放流試驗とによりカムサッカ東西兩海岸で漁獲される鮭鱒屬魚類の大部分は先づ洄游の頭初コマンドルスキー群島附近に出現するものであることが判明した。依て次年度（1938 年）は同群島附近出現以前の洄游路を鮮明ならしむる爲アリューシャン群島中部に及ぶ北太平洋（鮭鱒屬魚類の棲息地と想像されるところ）で放流試驗を行ふ必要が生じた。

B. 1938 年度試驗結果

(1) 快鳳丸施行の分

快鳳丸はコズロフ岬からアリューシャン群島南側に沿ひ放流試驗を行つたもので、コマンドルスキー群島以東の地點は未だ曾て放流試驗を施行したことのない處女地方である。

再捕數はベニマス 5 尾サケ 9 尾の小數ではあるが何れも興味ある洄游を示してゐる。即ちベニマス 5 尾中 3 尾はコマンドルスキー群島南部で放流し、カムサッカ灣內漁區で再捕された。又 1 尾はコズロフ岬東方約 70 浬で放流約 55 浬を西進して再捕された。そしてその 1 日平均移動距離は僅か 2 浬に過ぎず此の點よりコズロフ岬附近の魚群は滯泳するものと想像される。殘餘 1 尾はアッツ島南方で放流 644 浬（直線距離）を洄游して柏原灣南東 30 浬の地點で再捕された。この 1 尾は放流地から再捕地迄直進したものではなく、凡らくコズロフ岬附近に到着した後西南進したものと推定される（この推定は 1937 年コマン

ドルスキー群島南方で放流されたベニマスがコズロフ岬附近で再捕された實例によりなされたものである)。尙又カムサッカ灣に向つた 3 尾は何れも五月末に放流されたものであるに反し、柏原灣に向つた 1 尾は六月中旬放流されたもので、この點からしてコズロフ岬附近に出現するベニマス群中早期に來游するものはカムサッカ灣方面に向ひ、後期に出現するものは西南進して西海岸に向ふものと推定される。

サケの再捕されたもの 9 尾の内 1 尾はコズロフ岬東方約 70 浬の地點で放流 25 浬を西北に進み再捕された。その 1 日平均の移動距離は 0·7 浬に過ぎずベニマス同様コズロフ岬附近に出現するものは暫く滯泳するものと見られる(この滯泳現象は溯河期には未だかなりの餘日ある點から推して同岬附近にある多數の流網に遮斷され前進を阻まれる結果によるものではないかと想像される)。又 1 尾はコズロフ岬東微南 120 浬の地點で放流、100 浬を西進して再捕された。この 1 日平均移動距離も 5, 6 浬に過ぎぬ。以上 2 尾は何れも放流時期五月末なること及び其の洄游方向からしてカムサッカ灣に向ふものであらう。又ミツドヌイ島南方で放流された 4 尾は西南進し北千島東海岸で再捕された(この 4 尾は何れも西海岸へ向ふ途中の洄游魚であらう)。又アッツ島東南方で放流された 1 尾は更に遠く西海岸に洄游、コセゴチクで再捕されてゐる。この北千島及びコセゴチクで再捕されたサケ 5 尾はベニマス同様何れも放流地より直進せるものではなく、一旦コズロフ岬附近出現後西南下せるものと推定された。又コマンドルスキー群島東方約 160 浬のベーリング海で放流した 2 尾はカムサッカ東海岸北部カラガ及びカユムで再捕された。從來日魯漁業株式會社で行はれた放流試驗の結果によればカムサッカ東海岸北部にあつてはサケはオリュートル方面からカラギンスク方面へ卽ち東北より西南への方向に進むもの多い點からしてこの 2 尾も亦再捕地迄直進したものではなく、一旦オリュートル岬附近に出現後西南進してカユム及びカラガに到達したものではあるまいか(尤もこの推定には更に今後此の方面に於ける各種試驗結果を俟つ必要がある)。

(2) 俊鶻丸及び忍路丸施行の分

カムサッカ西海岸南部にて兩船施行の放流魚中再捕されたベニマス 12 尾は何れもボリシャヤ河口以南殊に南 3 地方で再捕されたもの多く、大部分はオゼルナヤ河に向ふものであらう。又樺太鱒の再捕されたもの 8 尾の内 1 尾を除く外他は全部放流地より北上再捕された點からして、其の大部分がキシカ以北の西海岸中部カラフトマス漁場に向ふものであらう。

(3) 結　　語

之を要するに俊鶻丸、忍路丸施行の分は從來判明せる洄游路を裏書したものに過ぎないが、快鳳丸施行の分の內コマンドルスキー島以東の北太平洋で放流されたものの凡てが新洄游路を示したもので、從來豫想された五・六月の候アリューシャン群島南側に沿ひコズロフ岬附近に向ふ魚道のある事が實證されたものと云へるわけである。北洋の濃霧と時化と怒濤に揉まれつつ數ケ月に亘り實施された此の一大漁業試驗は有終の美をなしたものと云へるであらう。

魚體各部の含有油脂の性狀に就て (第三報)

深山義道・猿谷九万・長谷川漸成

(水產講習所)

On the Characters of the Fats obtained from Various Bodily Parts of Fish. III.

Yosimiti MIYAMA, Kuman SARUYA and Takayosi HASEGAWA

SYNOPSIS

Seven specimens of the yellow-fin, *Thunnus macropterus* (T. & S.), caught in the South-Sea in November to December, 1937 (Table 1) were promptly eviscerated and preserved in a frozen state at about −7°C for 3～4 months. They were then melted, and 500～800 g. of each of such five bodily parts as shown in Fig. 1 and also of gonad were canned at 6 lbs. for 1·5 hours. The material from each can underwent ether extraction which yielded respective fats ranging on the average from 145·7 to 191·8 in iodine value and from 1·4727 to 1·4758 in refractive index (Tables 2 & 3). Remarkably enough, the fat from the dark muscle was found to have the highest iodine value in spite of low refractive index.

IIII. 冷藏したる南洋產キハダマグロの各部分に於ける脂肪の性狀

魚類脂肪の性狀が魚體の部分に依つても異ることは既に知られてゐる[1~3]。著者等は水產講習所白鷹丸が南洋に於て漁獲したキハダマグロ *Thunnus macropterus* (T. & S.) に就きその部分に依る脂肪の性狀を檢べたので玆に報告する。

試料は計 7 尾でその詳細な記載は第 1 表に示す如くである。

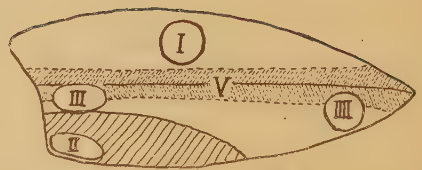
第 1 表

試料	捕獲場所 東經	捕獲場所 南緯	捕獲場所 距岸(哩)	捕獲時日 年月日	體長 (cm)	體重 (kg)	性別	食餌 (胃內容物)
1	153°59′	5°58′	43	昭和 12, 11, 7	118	35·1	♂	雜魚
2	153°59′	5°58′	43	12, 11, 7	104	26·8	♂	イカ, 仔エビ, 小魚, 小甲殼
3	153°59′	5°58′	43	12, 11, 7	121	39·4	♂	——
4	156°56′	8°59′	28	12, 11, 11	120	41·3	♀	——
5	126°48′	9°14′	26	12, 12, 5	127	44·6	♀	サヨリ, イカ
6	126°48′	9°14′	26	12, 12, 5	106	28·9	♀	雜 2, イカ 2
7	126°48′	9°14′	26	12, 12, 5	112	32·6	♀	空

捕獲後試料 3 及び 4 を除き鰓及び內臟を除去し血抜後冷凍し昭和十三年三月十七日迄平均 −7°C に冷藏した。之を水中に於て融解後解體し凡そ第 1 圖に示した樣な 5 部分、即ち脊，はらも，腹前，腹後及び血合肉に就き各々 500～800 g を採り、其の儘堅 5 號罐に

(1) 深山義道・小坂部勇；日本水產學會誌, 7 (2), 1938, 105；107.
(2) 長谷川漸成；科學, 7, 1937, 94.　(3) 大谷武夫；"魚油", 1937.

詰め眞空卷締機にて密封し 6 lbs, 1·5 時間の殺菌加熱を施して保存に供し順次實驗を行つた。別に試料 3 及び 4 は生殖腺をも同樣處置した。



第 1 圖

I: 脊　II: はらも　III: 腹前

IV: 腹後　V: 血合

之等試料は開罐後、無水硫酸曹達と混和 1 夜放置し、エーテルにて浸出、エーテルは炭酸ガス氣流中にて除き、脂肪を採つた。之等の脂肪に就きウイス氏法に依り沃素價を、アッベ氏屈折計に依り 40°C に於ける屈折率を測定した。その結果は第 2 表及び第 3 表に示す如くである。

之等に依れば沃素價に於ては血合肉が最も高く、はらも及び生殖腺の脂肪が之に次ぐ。他の部分は凡そ同樣と視て良い樣に思はれる。はらも肉の沃素價が高いのは案外であつた。屈折率に於ては結果が種々で沃素價に於ける樣な差異は認めることが出來ない。併し血合肉の脂肪の沃素價が高いに拘らず、他の脂肪に比し比較的屈折率の低いのは脂肪の組成が異ることを想像させる。

本實驗の試料に就ては水產講習所園野新一氏の御盡力に依るもので厚く御禮申上げる。

第 2 表　沃素價 (ウイス氏法)

試料	脊	はらも	腹前	腹後	血合	生殖腺
1	——	171·2	——	139·7	193·0	——
2	158·0	174·6	157·0	161·5	171·9	——
3	153·8	172·6	147·2	145·6	166·5	187·9
4	150·0	181·0	146·9	144·6	199·0	176·1
5	——	165·0	150·5	——	196·0	——
6	——	159·1	133·3	138·4	216·6	——
7	141·1	161·2	——	143·0	200·8	——
平均	150·7	169·3	147·0	145·7	191·8	182·0

第 3 表　屈折率 (40°C に於て)

試料	脊	はらも	腹前	腹後	血合	生殖線
1	——	1·4736	——	1·4758	1·4718	——
2	1·4716	1·4713	1·4724	1·4733	1·4674	——
3	1·4731	1·4717	1·4742	1·4733	1·4711	1·4779
4	1·4731	1·4729	1·4735	1·4761	1·4736	1·4736
5	——	1·4733	1·4815	——	1·4715	——
6	——	1·4762	1·4762	1·4769	1·4760	——
7	1·4728	1·4784	——	1·4767	1·4773	——
平均	1·4727	1·4739	1·4756	1·1757	1·4727	1.4758

硅藻の繁殖に關する海水の生理的性質、特に垂直的並びに季節的相異に就て

松　平　近　義

（東京帝國大學農學部附屬水産實驗所）

The Physiological Property of Sea Water Considered from the Effect upon the Growth of Diatom, with Special Reference to its Vertical and Seasonal Change.

Tikayosi MATUDAIRA

SYNOPSIS

In order to study the physiological property of the sea-water, especially its effect on the the growth of diatoms, the present experiment was carried out. Sea-water samples were collected at different depths and on different dates off Sinmaiko, west coast of Tita Peninsula. The sample were enriched with nitrate, phosphate, silicate and iron, and used for culture media of diatoms, artificial light being employed for the illumination. Media prepared with different sea-water samples gave different effect upon the growth of diatoms as shown in Tables 1 and 2, and Fig. 1. The growth of diatoms in media of both the surface and the bottom water was better than in that of the water taken from middle layer (Table. I). The media prepared with water samples taken on different dates at the same place show different grades of effect upon the growth. As the sea-water moves in the sea the water at a certain place changes its property occasionally and it becomes sometimes coastal and others oceanic in its nature. Culture media prepared with coastal water gave better growth than those with oceanic water collected thus at the same place but on different dates (Table 2. Fig. 1). The miqueld sea-water enhances the growth of diatoms in the present experiment as in the case of ALLEN and NELSON (1910), yet the culture with the miquelded sea-water show similarly as in the non-miqueled that the sea-water at different vertical layers has different effect upon the growth of diatoms (Table. 1). This points to the conclusion that the sea-water contains some substance which enhances the growth of diatoms. As both the coastal and the bottom sea-water are alike rich in the organic matter, this substance may enhance the growth of diatoms in the culture media.

緒　　言

ALLEN & NELSON (1910) は硅藻の培養に於て外洋水に硝酸鹽と燐酸鹽とを加へただけでは同藻類は充分に繁殖し得ないが鹽化カルシウムと鹽化鐵を加へるとその發育を大いに促進すると述べ(1)、海水中には硅藻の繁殖を妨げる物質 (inhibitory substances) があると結論した。この物質は鹽化カルシウムと鹽化鐵を加へることによつて吸着沈澱せられその毒性を減じ、骨炭によつても吸着せられ、又過酸化水素を加へることによつて分解せられると述べてゐる。

其後同氏等 (1914)(2) は更に人工海水を用ひて培養を行ひ、人工海水にその 1% 量の自然

海水を添加すると硅藻の繁殖が促進せられ、その作用は外洋水よりも沿岸水に於て、沿岸水よりも魚槽の水に於て一層と顯著であり、海水の代りに ulva の抽出液を加へることによつても促進せられる所から見て硅藻の繁殖には或種の有機物が必要であることを暗示した。

この等の研究は硅藻の繁殖に關する海水の生理作用が海水の性質によつて異ることを示すものであつて海洋の生産力を論ずる上に是非確かめて置かねばならぬ問題である。著者はこの點に着目し伊勢灣の海水に就き該生理作用の有無に就て檢討を行つた。

方　法

培養裝置：培養器は口徑 4 cm，高さ 12 cm のガラス管瓶を用ひ、これを口徑 30 cm，高さ 24 cm のガラス容器内に環形に並べ、ガラス板を以て覆ひ水槽中に浸し電燈による溫度の上昇を防いだ。光源として 100 W の電球（東京電氣株式會社製）を用ひてガラス板上距離 20 cm より照射した。日光は遮蔽した。

培養液の處方及び使用法：培養液の基液は次の A, B, C, D, E の 5 液である。

	處　方		使用量（海水 1 L に對し）
A 液	KNO_3	20·2 g	2 cc
	H_2O	100 cc	
B 液	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	4 g	液が無色透明となるまで conc. HCl を加ふ。約 2 cc を要す。 1 cc
	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	4 g	
	H_2O	100 cc	
C 液	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	1 g	1 cc
	H_2O	100 g	
D 液	(3/20) N　$NaHCO_3$		10 cc
E 液	Na_2SiO_3 を蒸溜水に溶解し SiO_2 1 g/L なる液を得る樣に調製す。		5 cc

D 液以外は試薬調製後湯煎鍋上 30 分間殺菌する。

上記の 5 液を下記の如く海水に加へて培養した。

1.　海水 100 cc を湯煎鍋上 95°C にて 30 分間殺菌し冷却後上記培養基液を各々使用量だけ加へた。本實驗のすべてはこの培養液に依つた。

2.　海水 100 cc に上記 A, B, C 液を各々使用量だけ加へて後湯煎鍋上 95°C にて 30 分間殺菌し冷却後 D, E 液を加へた。この海水はミッケル氏海水とは多少異るも作用は變りなく比較のために用ひた。尚便宜上本海水はミッケル氏變液と名づけた。

供試海水：硅藻繁殖に對する海水の生理作用の垂直的相異の試驗には伊勢灣橫斷觀測の際に採水した海水（愛知縣知多郡大野町西方 7 粁）の一部を用ひ、季節的變化の試驗には水產實驗所前水深 3 m 線の海水を用ひ採水は大體 4 日每に天候靜穩な日を見て行つた。

供試海水は採水時の水溫・鹽分・燐酸鹽・硅酸鹽・亞硝酸鹽（一部）の分析を行つた。

海水は採水後直ちに殺菌の操作をなし採水日の翌日より培養を開始した（但季節變化の試驗を除く）。

實 驗 結 果

I. 垂直的相異：i）海水に培養液を加へた場合　現在硅藻の繁殖に不可缺な要素として

第 1 表

採水月日	深さ m	化學分析 鹽分‰	SiO₂mg/L	P₂O₅ mg/m³	N₂O₃-N mg/m³	生理的分析 培養日數	培養種	培養溫度	培養前の個體數	海水(對照) 培養後の個體數	分裂回數	海水+培養液 培養後の個體數	分裂回數
7/VI	0	25·71	1·53	2·5	0	7	Nitzsch. closterium	23·5	19	540	4·83	1519	6·32
	5	30·57	0·55	2·5	0·10					29	0·61	30	0·66
	10	31·99	0·45	12·0	1·25					94	2·64	202	3·41
	20	33·40	0·88	18·0	1·10					231	3·60	821	5·43
11/VII	0	2·59	5·32	0	3·5	7	〃	27·5	9	0	0	0	0
	5	24·24	1·85	0	0					0	0	7	0
	10	30·59	1·15	7·5	0·5					0	0	1	0
	20	32·16	1·15	11·5	0·25					17	0·97	157	4·11
13/VIII	0	8·01	7·05	8·4	0	5	Sk. costatum	23·5	13	2098	4·32	3045	7·89
	5	28·01	1·35	5·3	0·15					108	3·07	1412	6·78
	10	29·01	1·50	6·8	0					50	1·96	774	5·91
	20	31·30	1·15	12·3	0·50					1344	6·71	2640	7·09
10/IX	0	15·50	3·45	3·0	0	5	〃	23·5	19	728	5·83	944	6·20
	5	28·28	0·70	16·0	0·50					1622	6·98	1046	6·35
	10	29·45	1·05	23·0	0·25					1080	6·39	1064	6·37
	20	30·35	1·30	24·0	0·05					66	2·36	147	3·52
8/X	0	29·76	1·30	4·5	0	3·5	〃	22·0	39	462	3·55	2888	6·11
	5	30·25	1·10	27·0	0·15					576	3·86	1560	5·35
	10	31·98	0·90	42·5	0·30					1464	5·21	1812	5·52
	20	32·52	1·20	46·5	0·40					1360	5·10	3208	6·34
10/XI	0	28·73	4·50	27·5	1·85	4	〃	12·0	8	94	3·69	303	5·30
	5	30·89	3·75	66·6	3·25					10	0·38	16	1·06
	10	31·80	3·70	63·3	6·33					20	1·38	33	2·10
	20	32·25	2·00	45·0	4·50					23	1·58	50	2·70
9/XII	0	31·54	2·15	55·5	—	4	〃	12·0	50	319	2·67	310	2·63
	2·5	31·54	0·90	28·5	—					15	0	12	0
	5	31·54	0·75	21·0	—					27	0	8	0
	10	32·61	0·75	21·0	—					12	0	11	0
	12·5	32·81	0·40	33·0	—					0	0	290	2·54
										ミッケル氏海水		海水+培養液	
11/I	0	30·75	1·60	44·0	—	4	〃	10·0	34	2412	6·15	1360	5·03
	2·5	30·44	0·45	18·5	—					793	4·55	65	0·93
	5	32·20	0·25	25·5	—					1199	5·14	292	3·11
	7·5	32·20	0·15	30·0	—					2130	5·97	324	3·26
12/II	0	29·81	4·40	34·0	—	4	〃	10·0	34	1565	5·53	961	4·83
	2·5	32·14	4·25	26·5	—					840	4·64	211	2·64
	5	32·43	2·25	13·5	—					194	2·52	48	0·50
	7·5	32·43	4·40	22·5	—					531	3·97	85	1·33
	10·0	32·74	4·25	15·0	—					312	3·20	221	2·75
	12·5	32·74	2·75	19.5	—					812	4·58	250	2·88

擧げられてゐる要素は硝酸鹽・燐酸鹽・硅酸鹽・鐵鹽である。もしこれ等の要素を十分に加へるならば同一の培養條件では促進或は阻害物質のない限り同一の繁殖をなす筈である。

第 1 表（海水＋培養液）の行は各種深度の海水に 硝酸鹽・燐酸鹽・鐵鹽・硅酸鹽を 加へて培養を行つた實驗結果を示す。然るに上掲の培養結果を見ると 表層水及底層水 (20 m) は中層よりも繁殖旺盛である。既述の如く ALLEN[2] は沿岸水と外洋水との間に硅藻繁殖の差異を認め海水には硅藻繁殖に對する促進或は阻害物質の存在することを暗示したが著者の實驗でかゝる差異が垂直的にも存在することが明らかになつた。次に化學分析結果と對比して見ると燐酸鹽・硝酸鹽・硅酸鹽は培養の際に十分に添加したのであるからこれ等の鹽類は制限要素とはならない筈である。又鹽分に就ても 11/VII, 1938 の表層の著しい低鹹以外に論ずべき關係は見られなかつた。鹽分の變化と硅藻繁殖との關係は既に ALLEN 氏が發表して居りその結果より推して 11/VII 表層水以外の鹽分差異は分析には 表はれぬものと見て良からう。唯こゝに注目すべきは硅藻の繁殖が硅酸鹽の多少と一致してゐる點であるがこれは寧ろ硅酸鹽の多少が關係してゐるのでなくて（硅酸鹽を加へてゐるから）水塊の相違が硅藻の繁殖に對して影響してゐるものと考へた方が妥當であらう。何んとなれば硅酸鹽の多少は陸水の影響或は底質よりの溶出を意味するからである。本實驗にて化學分析を行つた要素以外に表面及び底層水の特徴として容易に考へられるのは有機物の多い事であるから本實驗に表はれた海水の生理的性質は ALLEN 等の言ふ如く有機物であらうといふことが豫想せられる。この點の論議は次報に譲り本論文は分析に表はれた結果のみを報告する。

ii) 對照　對照に表はれた結果は培養液を加へた實驗と比較して表層水以外にはその繁殖に差異がない。これは加へた榮養鹽がこれ等の培養日數では制限的に働いて居ないと云ふことを示すと見ることが出來る。唯表層水に於ける繁殖が培養液を加へたものに比して甚だ劣るのは繁殖すべき好條件にあるにも拘らず榮養鹽が制限的に働いた結果では無いかと推測される。これは化學分析結果に示されてゐる如く（第 1 表參照）表層水には燐酸鹽及び亞硝酸鹽が甚だ少いことがその原因であると考へる（硝酸鹽の分析は行はなかつたが著者の經驗では亞硝酸鹽に 比例してゐるものと思ふ）。しかし如何なる要素が制限的に 働いたかは說明出來ない。

iii) ミッケル氏變液を用ひた場合　各深度の海水間に 表はれる生理的性質の差異はミッケル氏變液を用ひた場合も同樣であるがミッケル氏變液を 用ひた方が普通の培養液を 加へた場合に比較して各層とも繁殖が遙に旺盛である（第 1 表）。この事實は既に述べた ALLEN の阻害物質の根據であるが本實驗の生理的性質とは別の作用であるか相關したものであるが不明である。最近 HARVEY[3] (1937) は鐵の膠狀粒子を 利用すると述べてゐるから培養液を調製する際に鐵鹽の形態に變化を生ずるためかもしれない。これ等の點に就いては尙研究を續行するつもりである。

II. 季節的相異:　水塊の相違によつて生理的性質が異ることは上述の結果で大體判明したが更にこの事實を 確かめるために 18/IX 1938〜24/I 1939 の約 5 ケ月間大體 4 日置きに實驗所前にて採水した海水について培養試驗を行つた。培養はIV系列に分けて行ひ對照として前系列の最終月日のもの一つを入れ順次に培養し系列 1 の繁殖を 1 として他の系列の更正値を求めこれを硅藻の分裂回數に乘じて培養條件による誤差を僅少ならしめた。實驗結果

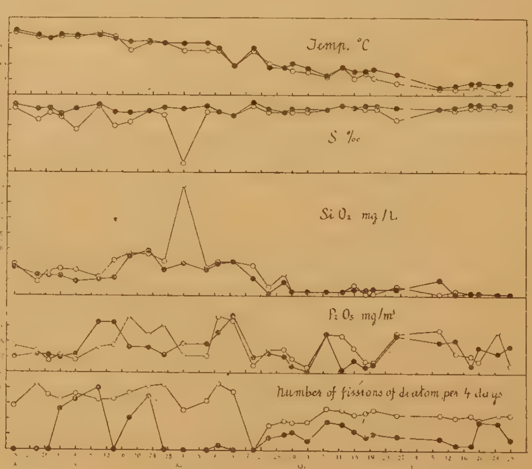
第 2 表

採水月日	深さ m	化學分析				生理的分析							
		水溫°C	鹽分‰	P_2O_5 mg/m.3	SiO_2 mg/L	實驗系列番號	培養溫度 °C	培養日數	培養前の個體數	培養後の個體數	分裂回數	更正値	更正せし分裂回數
18/IX	0	26·0	30·81	35·0	4·00	I	20	4	12	664	5·79	1	5·79
	2·5	26·5	32·25	20·0	3·90					0	0		0
24/IX	0	23·9	16·93	28·5	1·80	〃	〃	〃	〃	4604	8·58	〃	8·58
	2·5	24·4	30·35	26·0	2·35					6	0		0
27 IX	0	23·5	29·49	16·0	3·35	〃	〃	〃	〃	1976	7·37	〃	7·37
	2·5	23·5	30·68	21·5	2·75					0	0		0
30 IX	0	24·2	28·28	22·5	3·60	〃	〃	〃	〃	1100	6·52	〃	6·52
	3	24·5	28·48	21·5	2·55					520	5·44		5·44
4 X	0	24·0	23·86	17·5	3·39	〃	〃	〃	〃	1892	7·30	〃	7·30
	3	24·4	30·46	23·5	1·90					1260	6·71		6·71
10 X	0	25·2	31·69	33·0	2·30	〃	〃	〃	〃	1092	6·51	〃	6·51
	3	24·5	31·73	66·6	2·15					3756	8·29		8·29
14 X	0	24·0	24·96	35·5	4·60	〃	〃	〃	〃	1156	6·59	〃	6·59
	3	23·8	29·72	66·6	2·35					11	0		0
18/X	0	19·5	26·29	73·0	5·30	〃	〃	〃	〃	2092	7·44	〃	7·44
	3	22·5	29·18	33·0	5·26					223	4·22		4·22
23 X	0	22·0	29·99	47·5	5·55	〃	〃	〃	〃	3716	8·28	〃	8·28
	3	22·4	29·16	34·5	5·71					1540	7·00		7·00
27 X	0	22·0	28·66	62·5	4·35	II	15	〃	8	1730	7·76	1·10	8·54
	2·5	22·0	31·00	22·5	3·40					0	0		0
1, XI	0	19·5	12·67	22·5	14·29	〃	〃	〃	〃	236	4·88	〃	5·37
	2·5	21·6	30·54	38·0	4·20					0	0		0
7/XI	0	19·8	29·60	21·5	3·50	〃	〃	〃	〃	472	5·88	〃	6·47
	2·5	22·2	31·62	38·0	3·35					0	0		0
10/XI	0	19·6	29·72	73·5	4·35	〃	〃	〃	〃	1797	7·81	〃	8·59
	2·5	20·2	29·35	53·2	4·25					11	0·54		0·58
14/XI	0	14·2	28·46	66·6	4·25	〃	〃	〃	〃	937	6·87	〃	7·56
	2·5	14·5	28·62	75·0	4·25					5	0		0
19/XI	0	19·4	31·53	10·0	3·95	〃	〃	〃	〃	5	0	〃	0
	2·5	20·3	32·16	20·0	2·20					0	0		0
23/XI	0	15·1	29·67	29·0	1·05	III	10	4	6	52	3·17	1·01	3·20
	2·5	14·1	30·12	25·0	0·30					18	1·64		1·66
27/XI	0	14·0	29·85	30·5	2·87	〃	〃	〃	〃	82	3·82	〃	3·86
	2·5	14·1	29·85	21·3	1·90					26	2·17		2·19
29/XI	0	13·0	29·98	18·5	0·45	〃	〃	〃	〃	68	3·55	〃	3·59
	2·5	15·2	30·70	9·5	0·55					31	2·42		2.44
3/XII	0	12·5	29·85	8·0	0·55	〃	〃	〃	〃	77	3·73	〃	3·77
	2·5	13·7	30·46	2·5	0·40					15	1·38		1·39
8/XII	0	11·0	30·35	50·0	0·45	〃	〃	〃	〃	236	5·35	〃	5·40
	2·5	11·2	30·35	50·0	0·35					75	3·69		3·73
12/XII	0	14·2	31·47	47·5	0·45	〃	〃	〃	〃	228	5·30	〃	5·35
	2·5	14·2	31·26	5·0	0·65					59	3·35		3·38

第 2 表 の續き

採水月日	深さ m	化學分析				生理的分析							
		水溫 °C	鹽分 ‰	P_2O^3 mg/m³	SiO_2 mg/L	實驗系列番號	培養溫度 °C	培養日數	培養前の個體數	培養後の個體數	分裂回數	更正値	更正せし分裂日數
15/XII	0 2.5	10.5 13.0	30.08 31.04	31.5 17.5	1.35 0.80	III	10	4	6	140 33	4.59 2.51	1.01	4.64 2.54
18/XII	0 2.5	12.0 13.0	30.35 31.44	15.0 9.0	0.10 0.60	〃	〃	〃	〃	162 19	4.81 1.72	〃	4.86 1.74
20/XII	0 2.5	10.5 13.2	30.26 31.04	14.0 12.0	0.10 0.85	〃	〃	〃	〃	215 27	5.21 2.22	〃	5.26 2.24
26/XII	0 2.5	9.0 12.0	27.11 30.70	50.0 49.0	1.15 0.80	〃	〃	〃	〃	136 20	4.55 1.79	〃	4.60 1.81
6/I	0 2.5	7.0 7.3	30.08 30.17	55.5 40.0	0.10 2.10	〃	〃	〃	〃	127 17	4.45 1.55	〃	4.49 1.57
10/I	0 2.5	6.80 7.80	30.43 31.26	25.5 43.0	0.62 0.29	IV	〃	〃	34	865 57	4.67 0.75	0.91	4.25 0.68
14/I	0 2.5	7.30 8.70	30.75 31.89	22.5 10.0	0.30 0.30	〃	〃	〃	〃	1049 57	4.95 0.75	〃	4.50 0.68
16/I	0 2.5	8.00 8.90	31.26 31.80	15.0 35.0	0.40 0.23	〃	〃	〃	〃	707 623	4.38 4.19	〃	3.98 3.81
21/I	0 2.5	6.00 8.80	30.86 31.91	55.5 25.0	0.20 0.22	〃	〃	〃	〃	1111 493	5.03 3.86	〃	4.58 3.51
24/I	0 2.5	7.70 9.00	30.07 31.71	9.5 45.0	0.32 0.22	〃	〃	〃	〃	1166 100	5.10 1.56	〃	4.64 1.42

は第 2 表及第 1 圖に示す。繁殖は前實驗結果と同様に上下兩水の混合のない限り殆ど常に表面水に於て繁殖が盛んである。しかも日時的變化は不規則なものでなく第 1 圖に示す如く連續的な變化を示し水塊の移動と明らかに一致することが窺はれる。即ち 19/XI を境界として繁殖の狀態に著しい差があるが水質的にも水溫・鹽分・硅酸鹽にて判る如く大いに異つてゐる。換言すれば河水の影響ある海水（沿岸水）に培養液を加へて硅藻を培養したものは然らざる海水に培養液を加へて培養したものよりも繁殖が良いといふ事である。



第 1 圖

最後に本實驗に於て注目すべき事は系列の始めのものと終りのものとは採水の月日に於て約 1 ケ月の差異あり、その間始めの海水は暗所に放置して置いたにも拘らず實驗結果から見ると海水の生理的性質に變化を生じた樣子が見られぬといふ事である。これから見て該生理的性質はかなり安定なものと言へる。

結　　語

ALLEN は人工海水を用ひて硅藻を培養する際にその 1% に當る自然海水の添加を必要であるとなし、その效力に於て添加海水が沿岸水の場合と外洋水の場合とではその間に差異あることを認めたが、著者は單に海水に培養液を加へて硅藻を培養する際にも使用せし該海水間にその繁殖に對する生理的性質に差異あることを認め、種々の深度の海水につき實驗した所上層の海水及び底層の海水は中層の海水よりも繁殖盛んであることが判明した。又この海水の性質は水塊の性質によつて異ることが明らかになつた。卽ち沿岸性の海水は外洋性の海水よりも硅藻の繁殖が良好であつた。これ等の諸事實及 ALLEN の研究結果より推して硅藻の繁殖に關する海水の生理的性質は海水中に含まれる有機物であらうといふ暗示を得、更に研究を續行した。この研究結果は後報に讓ることゝする。

ミッケル氏變液が海水に單に培養液を加へたものよりも繁殖盛んなることは ALLEN 等の得た結果と全く同一であるがその繁殖促進作用はミッケル氏海水を作る際に生ずる燐酸鐵の沈澱が阻害物質を吸着したためか、最近 HARVEY が稱へる鐵鹽の形態か（氏は硅藻は鐵の膠狀粒子を利用する事實を述べてゐる(3)）更に研究を要する點である。

尙本研究は帝國學士院より研究費補助を受けて行つた研究の一部で同院に對し深く謝意を表する次第である。又御校閲を賜つた雨宮育作敎授に深謝する。

文　　獻

(1) ALLEN and NELSON: On the artificial culture of marine plankton organisms. Quart. Journ. Micro. Sci., 55, 1910.

(2) ALLEN, E. J.: On the culture of the plankton diatom *Thalassiosira gravida*, CLEVE, in artificial sea water. Jour. Mar. Biol. Assoc., 10, 1914.

(3) HARVEY H. W.: The supply of iron to diatoms. Journ. Mar. Biol. Assoc., 22 (1), 1937.

綜　　述

水中の明るさ

函館高等水産學校　竹　内　能　忠

1. 緒　　言

水の中の明るさを測ることは (1) 太陽や空からの光が吸收され、隨つて海の表面で發生する熱の量を知り、溫度の上昇を計算すること、(2) 此の時計算された吸收率に依つて水の光に對する性質を知り、そこに浮んで居る物體の量を知り得ることや、(3) 植物性のプランクトンの同化作用や、(4) 動物性プランクトンの移動及びそれに伴つて起る魚類の鉛直の方向の移動は光の强さに依つて大變に影響されることなどの爲に、此の問題は物理學的にも、生物學的にも興味の深い問題である。それで、水中の明るさに關する研究に就て少し紹介する(1)。

海水の光の吸收に就ては、水を汲み上げて實驗室でそれの吸收率を測る方法と、現場に於て水中の光の强さを測つて、それから計算して吸收率を求める方法とがある。實驗室内の方法は、割合に簡單である爲に古くから行はれて居る。けれども、水中の光の强さは水の吸收率ばかりでなく、海の表面の狀態等に依つても大いに影響されるから、實驗室内の結果から直ぐに海中の明るさを計算することは出來ない。現場に於ける觀測は、始め寫眞の乾板を使つて測られたが、近頃は殆んど光電池(2)を利用するやうになつた。それで、此處では、光電池を利用する方法について主として述べ、尙その他の方法と光が水の中に浸入する樣子に就ての理論にも觸れて置く。光の强さに關する他の海洋學上の種々の現象、殊に生物的の現象に就ては立ち入らない。

2. 吸　收　の　法　則

水の中に入つた光は一部は吸收されて熱となり、一部は水の分子或は水中の浮游物の爲に散亂されて、その爲に光の强さは弱まる。Rayleigh の理論に依れば分子の爲に起る散亂は光の波長の 4 乘に逆比例する。然し浮游物のやうに光の波長と同程度の大いさの小物體の影響は此と異なり、物體の大いさの影響の方がむしろ大きい。眞の吸收については、可視光線の近くでは、波長の長い方が大きい。水中で吸收率を測るには、當然光の進む方向についてそれが弱まる割合から計算すべきであるが、假令太陽から直接來る光であつても、表面の波の爲に散らされてしまふし、空から來る光の分量は太陽からのと略〻同じ位であるから、光の進む方向を定めることはむづかしい(3)。それで Atkins 及び Poole の行つたやうに、光の進む方向を考へないで鉛直方向に光の弱まる割合を計算するのが普通である。始め或る深さで光の强さが I_0 であつたものが、それから z だけ深い場所で I になつたとすれば $I=I_0e^{-kz}$ の關係が成立するものとする。嚴密に言へば、此は或る單色光についてだけ成立するわけであるが、白色光に就ても此の式に隨つて k を計算する。此の k を（鉛直の）消滅係數と呼ぶこととする。此に對して光の進む方向に就て測つた同樣な量を吸收率と言ふことゝして置く。此の關係が略正しく成り立つことは Houstoun (1931〜'32) の實驗に依つて光の强さの 5000 倍位の範圍に亙つて確められた。

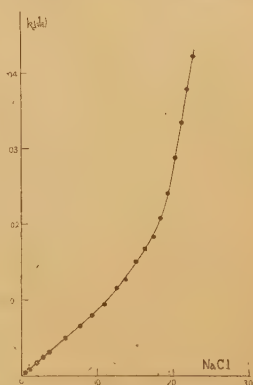
(1)　W. R. G. Atkins (1) の優れた綜合報告があるから主にその後の研究について述べる。

(2)　金屬の表面の酸化被膜の持つ整流作用を利用したものを光電池と云ひ（英語の photoronic cell, 獨語の Sperrschichtzell のこと）、さうでない眞空管になつたものを光電管と言つて區別することにする。

(3)　此に就ては、此を定めようと言ふ試みもある： Young, R. T. (1938).

3. 光の吸收に對する實驗室内の研究

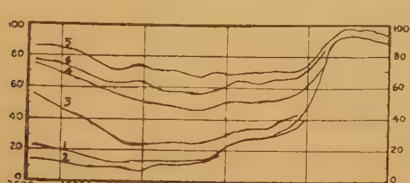
水を汲み上げて吸收率を測る實驗は可成古くから行はれて居るが、割合に精しく且つ直接に測定したのは HULBURT (1926, 1928) の實驗が最初である。HULBURT は單色光を用ひ吸收率を光電管に依つて測定した。それに依ると、可視光線に就ては、海水中の鹽分の影響は極く小いが、菫外線では吸收率の内、鹽分に依る部分が大きくなる。3000 Å 以上では殊に大きく 3000～3400 Å では吸收率の内 $\frac{1}{2}$ は $CaSO_4$, $\frac{1}{4}$ は水, 殘りは他の鹽分に依るものであり、2500～3000 Å では水, $MgCl_2$, $CaSO_4$ が夫々吸收率の $\frac{1}{3}$ づつを受持つて居て他の鹽類の影響は小さい。KALITIN (1926) は蒸溜水に食鹽を溶した溶液の吸收率を測つた。溶液は 3 度濾紙で濾し、目で見たところ透明になつてから、カリウム光電管（最大感光度が 4400 Å にある）で厚さ 17 cm の溶液の層を通過した光の强さを測つた。原論文では結果はガルバノミーターの偏れで表されて居るけれども、それから溶液の吸收率を計算して見れば* 第 1 圖のやうになる。此で見れば溶液の中の鹽分の影響は小さくないやうであるが、HULBURT の結果を見れば此が全く鹽分だけの影響か否かは判らない。



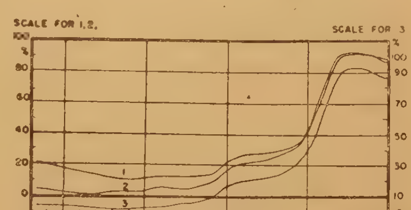
第 1 圖 食鹽の溶液に於ける濃度と吸收率との關係 (KALITIN, 1926)

SAWYER (1931) は蒸溜水及び海水に就てスペクトル寫眞を撮して吸收率を調べた。又 DAWSON and HULBURT (1934) も同樣な實驗を行つた。此等の結果は第 1 表にまとめて示してある。蒸溜水に對する測定の結果は、波長の短かい部分を除ければ良く一致して居るが、海水に對する値はその海水の性質に依つて非常に變ることが認められる。

CLARKE and JAMES (1939) は汲み上げた海水を實驗室に持ち歸り、良く振り混ぜた海水, 48 時間の間沈澱させた海水, Berkefeld filter で濾した海水及び蒸溜水を長さ 1 m の細い管に入れて吸收率を測つた。その結果は第 2 圖と第 3 圖とに示した。



第 2 圖 振り混ぜた海水が吸收する割合、長さ 1 m。1. Sargasso Sea, 2. 陸棚崖、3. 陸棚、4. Vineyard Sound, Whistle Bay, 5. Vineyard Sound, 6. Buzzards Bay.



第 3 圖 海水 (Sargasso Sea)・蒸溜水の光を吸收する割合、長さ 1 m。1. 振り混ぜた海水。 Berkefeld filter で濾した海水、3. 海水を 2 度蒸溜した水（曲線は 10 % だけ下げてある）。

此で判るやうに、波長が略々 7000 Å 以上では海水も蒸溜水も大體同じ吸收率を持つて居るが、波長が短かい處では此が大變に違ふ。又、2 度 Berkefeld-filter で濾した海水は殆んど蒸溜水と同程度の吸收率を持つことが判る。即ち、波長の短い部分の大きな吸收率は水中に浮んで居る微小な物體の影響に依るものであると考へられる。此の圖から計算された吸收率は、波長の短い部分では HULBURT や

* ガルバノミーターの偏れ D が光の强さに比例するものとする。蒸溜水に對して $D=a\cdot I_0e^{-k_0d}$, 濃度 C の溶液に對して $D'=aI_0e^{-k_cd}$ とすれば $D/D'=e^{-(k_0-k_c)d}$ 卽ち $k_c-k_0=1/0.17\,(\log D-\log D')$ となる。此の k_c を第 1 圖に示した。

SAWYER の測つた値より可成小さい。HULBURT や SAWYER の結果は菫外線の部分では少し大き過るのではなからうか。

4. 現場に於るスペクトル寫眞

海の中に寫眞乾板を沈めてそれの感光から光の入る範圍を測ることは HELLAND-HANSEN に依つて始めて行はれたが、スペクトル寫眞を撮ることは BERTEL (1911) が地中海で行つた實驗が一番始めである。BERTEL は水晶のプリズムを使ひ、錘を沈めて細隙を開閉して寫眞を撮した。その結果は第 4 圖に示すやうである。此れから吸收率や消滅の係數を計算することは出來ないが (i) 波長の長い光は急に減るのに對して (ii) 短い光は可成深くまで入つて行くこと及び (iii) 極く深い所では光は 4000～5000 Å の範圍だけに限られて居ることが判る。此の觀測は此の種の實驗として最初のものであると云ふ興味の外に、その深さの深い點で BEEBE の觀測*に匹敵し、その結果も大體一致して居る。

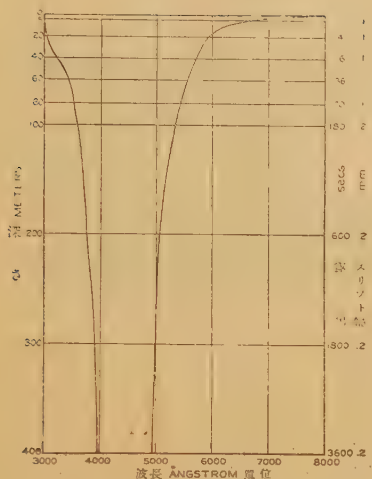
第 1 表
實驗室で測つた蒸溜水及び海水の吸收率

波長 Å	蒸溜水			海水		
	SAWYER	HULBURT	DAWSON, HULBURT	SAWYER 1.	SAWYER 2.	HULBURT
2000			8·0			
2200			3·3			
2400			1.35			
2540		6·9				15·7
2600			0·92			
2630		4·8				13·1
2800		3·5	0.77			9·0
3000			0·64			
3030		1·2				3·9
3100	0·84			4·9		
3130	0·69	0·5		4·6	16·0	2·1
3200	0·58		0·43	4·2	12·8	
3250	0·512			3·9	10·5	
3300	0·461			3·6	8·0	
3400	0·382		0·28	3·10	6·6	
3600	0·281		0·19	2·34	5·0	
3660	0·243	0·2		1·84	4·60	0·30
3800	0·148		0·13	1·22	3·80	
4000	0·072		0·08	0·331	2·81	
4200	0·041			0·231	1·84	
4360		0·012				0·023
4400	0·023			0·180	1·33	
4600	0·015			0·155	1·14	
4800	0·015			0·137	1·02	
5000	0·016			0·128	0·94	
5200	0.019			0·123	0·90	
5400	0·024		0·04	0·124	0·89	
5460		0·034				0·035
5600	0·030			0·144	0·93	
5780		0·064				0·069
5800	0·055			0·250	1·05	
5890			0·14			
6000	0.125			0·347	1·26	
6120		0·23				0·23
6200	0·178			0·43	1·83	
6300	0·181			0·46	2·08	
6400	0·20					
6500	0·21					
6700			0·34			
6900			0·39			

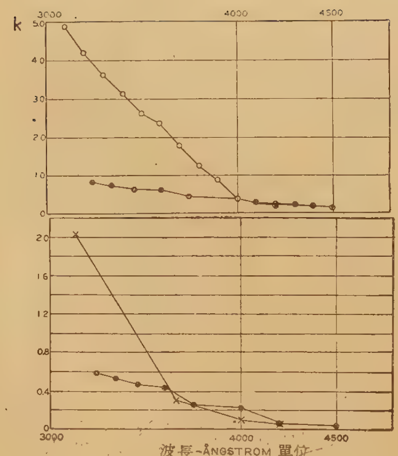
SAWYER 1. Bay of Fundy off Head Harbour.
2. Croix River off Robinston.
HULBURT. Caribbean Sea.

ERIKSON (1932) は水晶の分光寫眞器を Gunflint Lake, Minnesota に沈めて光の吸收率を測定した。ERIKSON の裝置は 1 枚の乾板に 21 本のスペクトルを撮ることが出來るから、それに依り光の强さを測定することが出來る。ERIKSON の結果は他の光電池を使つた他の結果と一緒に第 3 表に揭げてある。此は消滅の係數の最小が 5800 Å の邊にあつて BERTEL の結果と一致しない。此は湖水と海水との差違に依るものである。DARBY, JOHNSON and BARNES (1938) は同樣な水晶分光寫眞器を Tortugas の淺い海に沈めてスペクトル寫眞を寫した。此の裝置では消滅の係數を直接に決めることは

* BEEBE, W.: Bull. New York Zool. Soc., 33, 1930, p. 201.



第 4 圖　地中海中に於けるスペクトル寫眞に感光した範圍 (BERTEL, 1911)



第 5 圖　Tortugas の現場で測つた消滅の係數と、實驗室で測つた吸收率との關係。○SAWYER, ×HULBERT, •Tortugas. (DARBY, JOHNSON and BARNES, 1938)

出來ないが、それが波長に依つてどう變るかはわかる。それで吸收率が最小である 4500 Å に於ける値を前の § で述べた HULBURT や SAWYER との値と一致させたときそれよりも波長の短い部分の k の値がどうなるかを計算した。そうすると Tortugas の海水中で測つた値は、第 5 圖に示してあるやうに、HULBURT のとも SAWYER のとも大變に違つて居て可成小さい。此のやうに菫外線に對して消滅の係數が小さいであらうことは BERTEL の結果からも想像し得る。此處に現れた差違は實驗室に於ける値と現場に於ける値との間にいつでも存在するやうである。

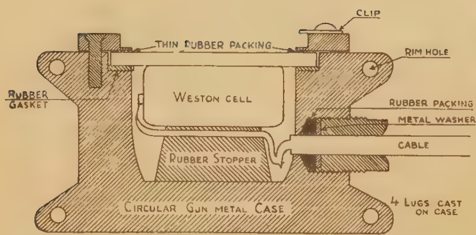
此頃、VERCELLI はフィルターと乾板とを使つてイタリーの海岸で海水中の明るさを測つた。それについては後の § で紹介する。

5. 光電地を利用する現場の觀測

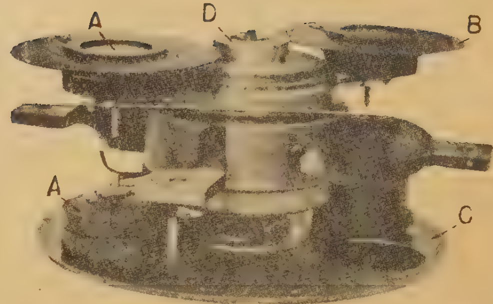
現今では水の中の光の强さを測るには殆んど此の方法がつかはれて居る。此の方法で測られた結果が何時でも互に比較できるやうにする爲には標準の方法が決められねばならない。それで Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer では委員會を設けてそれについて討議した結果を發表した (ATKINS, W. R. G, G. L. CLARKE, H. PETTERSSON, H. H. POOLE, C. L. UTTERBACK and A. ÅNGSTRÖM (1938))。此の委員會で決議された事を簡單に述べ乍ら、今迄の主な結果を紹介する。

(1) 光度計　水中の光の强さを測るには最初ガス入のカリュウム光電管が使はれた。此はそれの感光する範圍は菫外線から青の部分に限られて居ること，高い電壓を加へねばならぬこと等の爲に使はれなくなつて了つた。現在主に使はれる光電池の持つ優れた性質は (1) 感度の高いこと、(2) 形狀の小さいこと、(3) 高い補助電壓が不必要なこと、(4) 電流の强さが光の强さの或る範圍まで比例すること、(5) 光に感ずる範圍が廣く、感光曲線の形狀が目のそれに良く似て居ること等である。

光電池を作つて水中の明るさを測る爲の光度計の一つの例を第 6 圖に示す。此のやうな裝置を作る時には、海水中では日光は强く散亂されて居て、殆んど總ての方向から來るから、それの總てを受ける爲に窓の一番上部に乳色硝子を取付ける必要がある。而も横から來る光を妨げない爲に窓の緣は出來る



第 6 圖 水中光度計の一例
(Atkins, Clarke, Pettersson, Poole, Utterback and Ångström, 1938)

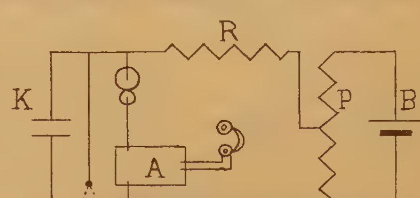


第 7 圖 フィルター廻轉裝置を具へた光度計の一例、內部のフィルター枠と廻轉裝置を示す。 (Utterback, 1938)

だけ低くなければならない。§4 の Bertel の觀測でも判るやうに光の吸收率はスペクトルの兩端では大變に大きいから少し深い處では赤や菫等が消えて、吸收率の小い青や綠が殘つて居る。それで此のやうな裝置を使用すると、假令、水が一樣であつても、消滅の係數は深い所ほど小さく現はれる。此の缺點を避ける爲にはフィルターを使つて光の通る範圍を制限する必要がある。それで前に述べた委員會では此の目的には Schott の VG-9 のフィルターを使用することゝした。此は 4800 Å から 6000 Å 迄を通し、最大の透過率は 5400 Å にある (此はマツダ VG-1 が近い)。

更に進んで光の波長に依つて k がどう變るかを調べる爲には幾枚かのフィルターを使ふ必要がある。それには此のやうな裝置では具合が惡い。Utterback and Jorgensen (1934) は 7 枚のフィルターを取付た枠を電磁石と電動機とを使つて廻轉させるやうに出來て居る光度計を使用した。此の例を第 7 圖に示す。此の圖は下から來る光も同時に測れるやうに、上と下との兩方に光電池を取り付けるやうに出來て居る。

(2) **電流を測る裝置** 光電池から來る電流、即ち光電流はゴムで掩つた導線を通して船上に導いてその強さを測る。此の爲の電流計には少し位舟が傾いても差支ないやう出來て居る單尖軸型指針電流計が使用される。此は餘り感度が良くないから、特に深くまで測る爲には他の裝置を使はなければならない。Atkins と Poole は第 8 圖に示すやうに電位差計を用ひ、電流は一度斷續して此の一種の交流を增幅して受話器を使つて耳で聞く。此の接續法では光電池の外部抵抗は丁度 0 になる。此は光電池から流れる電流が光の強さに比例する範圍を廣くする點に於て優れてゐるし、感度も高い、只電位差計に電流を流し乍ら測るのでその爲の誤差が入ることと取扱ひが複雜なことが缺點である。Utterback とその共同者達は Leeds and Northrup で製作した船舶用檢流計を使つた。此は取扱ひが少し複雜なことゝ高價なことを除けば非常に具合が良い。Pettersson は觀測に使用した船が大きいことゝ海の靜かなことの爲に普通の檢流計を使用して成功した。



第 8 圖 電位差計を使用する接續法
K 光度計, B 電池, R 抵抗, P 電位差計, A 增幅裝置。 (Atkins and Poole)

觀測の結果から消滅の係數を計算する爲には表面と水中との強さの比を求める、それで船上の蔭のない場所に光電池を備へて光の強さを測る。竹內 (1936) は最初から電位差計で表面と水中との強さとの比を求めた。此の方法は白雲が空に浮んでゐるやうなとき、太陽が照つても、雲の中に入つても明るさの比は餘り變化しないから、電位差計を使つても割合に測定は簡單である。

(3) **フィルター** 光電池を使ふ觀測ではフィルターを何時でも使ふ必要がある。たゞ一通りの觀測をする場合には VG 9 を使ふことは前に述べたが、赤や青についても測るならば前の委員會では、赤には RG-1, 青には BG-12 を使ふことを勸めて居る。前者は 6000 Å 以上の光を通しマツダ VA-1 が近い性質を持つて居る。後者は 4800 Å 以下の光を通し、光度計の窓のガラスや光電池の感度等で最大感

第 2 表　　波長と消滅の係數との關係

觀測者と觀測の條件	4000 Å	4800 Å	5150 Å	5300 Å	5650 Å	6000 Å	6600 Å
UTTERBACK and JORGENSEN 深い海の觀測値の平均	0·085	0·073	0·069	0·079	0·100	0·253	0·503
UTTERBACK and JORGENSEN Vancouver の西 28 マイルの沖	0·104	0·093	0·106	0·093	0·122	0·279	0·574
ATKINS and POOLE International Station, E 1.	0·143	0·146	0·154	0·157	0·163	0·224	
UTTERBACK and JORGENSEN 岸邊の水	0·336	0·316	0·258	0·256	0·288	0·441	0·593
ERIKSON Gunflint Lake, スペクトル	0·820	0·610	0·437	0·390	0·311	0·330	
竹　内 青木湖（圖から求めた）		0·108	0·114	0·126	0·191	0·250	0·449
竹　内 諏訪湖（圖から求めた）		0·985	0·635	0·673	0·558	0·541	1·22

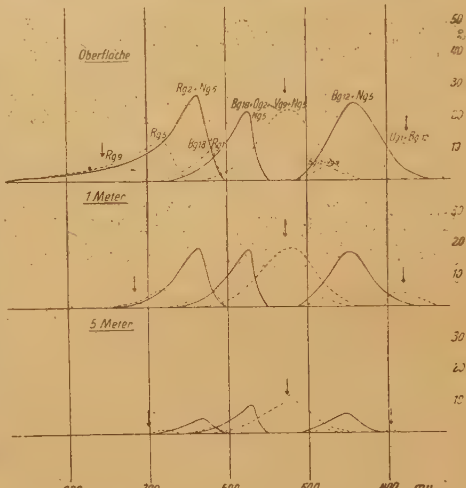
第 2 表 a　消　滅　の　係　數

觀測地	深さ	天候	太陽高度	海の表面	測定の月日	光度計	消滅の係數	報告者
北大西洋	0~60	曇	46°	4 Moderate	27/VII	眞空光電管	0·10	G. L. CLARKE
南大西洋	0~80	曇	50	4 Moderate	28/VII	〃	0·061	
Azola Is. 附近	90~150	晴白雲	55	4 Moderate	4/VIII	ガス入光電管	0·044	
Sargasso Sea	0~170	晴	64	2 Smooth	15/VIII	〃	0·031	
Gulf of Maine	0~50	曇	41	3 Slight	10/VII	眞空光電管	0·16	
Gulf of Maine	0~50	晴	64	4 Moderate	11/VII	〃	0·14	
Woods Hole Harbor		晴	50	0 Calm	22/VIII	〃	0·49	
55°20′N~15°30′E	10~55	ci.~st.			VIII	光電池	0·172	PETTERSSON 及 LANDBERG
		快晴			VIII	〃	0·161	
Rodi	1~5					熱電對	0·14	VERCELLI
	5~50						0·048	
Capri	1~5					〃	0·15	
	5~50						0·064	
Rovigno	1~5					〃	0·15	
	5~40						0·078	
Trieste	1~10					〃	0·20	
Venetia	1~5					〃	0·85	
Pinas Bay	2~16	晴			17/IV	潜水艦の窓から、光度計で	0·084	STEPHENSON
Perlas Is.	4~14	晴			19/IV	〃	0·204	
Coronados Is.	1~19	晴			1/VI	〃	0·079	
Lahaina Roads	5~16	晴			18/VII	〃	0·059	
江の浦灣	0~25	晴		2 Smooth	19/VII	光電池	0·050	竹内

光度が 4300 Å 位に相當する。更に多くのフィルターを使ふときは、Schott や Corning のガラスフィルターが良く使はれるけれども、UTTERBACK 等のやうに光度計の內部にフィルター枠を備へて居れば Wratten のゼラチンフィルターを使ふことが出來る。

フィルターを使つた場合に得られた値はフィルターの通過率と光電池の感光度とから決まる“明るさの重心”に於ける値であると考へられる。然し、此の重心も亦スペクトルの兩端では深さが深くなると共にスペクトルの中央部の方へ移動して行く、此の影響を避ける爲にはフィルターを通る光の幅が成る可く狹いものを選べば良い。然し此のやうなフィルターは餘り種類が多くない（特にガラスフィルターでは)。そこで透過率がある波長から急に減少するやうなフィルター（マツダ VR-1, VR-2, VR-3, VO-1, VY-1 等）を選び、それ等のフィルターを通した明るさの差を求める方法を使ふことも出來る。只、此の方法は、もともと水中の光の强さを求めるには可成大きな誤差が入つて來ることを避けられないから、差を取ることは誤差の割合を益々大きくすることになるので、餘程條件の良い場合でないと使へないことになる。

何れにしても、明るさの重心の移動を避けることが出來ない。SANBERER und ECKEL (1938) は Lunzsee に於ける觀測のとき此の重心の移動を計算した。その結果は第 9 圖に示すやうである。スペクトルの兩端に於いては此の移動は特に目立つて居る。竹內 (1936) は此の影響を避ける爲に、各の深さに於ける明るさの分布をフィルターの透過率の一次函數として現し、それから光の消滅の係數を計算した。此の方法では適當なフィルターの組合せを選べば可成良い結果が得られるけれども計算が非常に複雜なことは大きな缺點である。



第 9 圖 深さの增加に伴ふ明るさの重心の移動 Lunzsee に於て↓が重心の位置 (SANBERER und ECKEL, 1938)

(4) 觀測の結果 多くの研究者に依て各地で測られた結果をまとめて第 2 表に示す。此の表では色に依つて區別しないもの、色の區別をしたもの、波長との關係を求めたものとに分けてある。此で判るやうに消滅の係數は海水の性質に依つて可成廣い範圍に亙つて變化する。

今、波長に依つて消滅の係數或は吸收率がどう變るかを第 10 圖に示して見る。此で判るやうに赤及びそれに近い光では消滅の係數は餘り變らないのに、菫及びそれに近い光では大變に變つて居る。又、それに伴つて最も透明な波長が水の濁つて居る程赤の方へ移つて行くことが認められる。此れからでも菫の方は浮游物等に依る散亂の爲に吸收率が增えて行くが此に對して赤の方は此の影響を受けないことが判る。

(5) 實驗室に於ける吸收率と現場で測つた消滅の係數との關係 實驗室で得られた吸收率が、現場で得られた吸收率や消滅の係數よりも波長の短い方では特に大きいことは前の § の DARBY, JOHNSON and BARNES の實驗でも認められる。CLARKE and JAMES は § 3 でのべた實驗を行ふと同時に光電池を使つて消滅の係數を測つた。Weston 光電池に Schott VG-2 のフィルターを使つたから最大の感光度は 5500 Å にある。實驗室で細い管を通して測つた吸收率の 5500 Å に於ける値と一番小さい吸收率とそのときの波長とを現場に於ける消滅の係數と對照させて揭げた。此で見れば現場に於ける値は實驗室に於ける値に比べて大變に小さい。

第 2 表 b　消滅の係數と色との關係

観測地	深さ	天候	太陽高度	海の表面	消滅の係數 赤	緑	青	菫
P. H. Oster and G. L. Clarke					6000–7000Å	4900–6200Å	—	3100–4500Å
Gulf of Maine	0–165 m	—	68°–63°	—	0·28	0·11	—	0·15
George Bank	0–60	—	70–64	—	0·35	0·13	—	0·17
Sargasso Sea (1)	0–5011	—	70–61	—	0·082	0·050	—	0·053
〃 (2)	0–4485	—	67–52	—	0·13	0·049	—	0·048
Nantucket Shoals 南	0–25	—	61–69	—	0·23	0·051	—	0·062
陸棚崖	25–40					0·11		0·19
	40–100					0·064		0·077
Woods Hole Harbor	0–20	—	61–45	—	0·56	0·30	—	0·55
Gay Head 沖	0–30	—	51–62	—	0·37	0·16	—	0·25
Vineyard Sound	0–24	—	45–60	—	0·46	0·20	—	0·36
Buzzards Bay	0–16	—	47–57	—	0·50	0·25	—	0·40
Provincetown Harbor						0·23	—	
C. L. Utterback					6000Å	5450Å	4830Å	—
Hecate Strait	0–20	曇	—	7 high	0·368	0·123	0·107	—
	20–35				0·070	0·116	0·324	
Revillagigedo Channel	0–15	〃	—	〃	0·486	0·271	0·431	—
	15–40				0·183	0·251	0·076	
Summer Strait	0–5	〃	—	〃	0·563	0·397	0·558	—
	10–20				0.563	0·284	0·256	
Cape Spencer 沖	0–15	〃	—	〃	0·409	0·168	0·164	—
Dixon Entrance	0–10	薄曇	—	0 calm	0·392	0·183	0·255	—
	10–20				0·205	0·103	0·189	
	20–30				0·277	0·354	0·300	
Walker Is. 沖	0–10	〃	—	〃	0·420	0·241	0·594*	—
	10–15				0·292	0·138	0·200	
MacAuthur Reef 沖	0–10	〃	—	〃	0·595	0·442	0·528	—
	10–25				0·372	0·294	0·291	
Portland Is.	0–10	〃	—	〃	0·617	0·381	0·672	—
Watson Rock	0–4	〃	—	〃	2·26	1·35	1·68	

* (0～8 m, 0·349 ; 8～10 m, 1·59)

第 3 表　消滅の係數と吸收率との關係

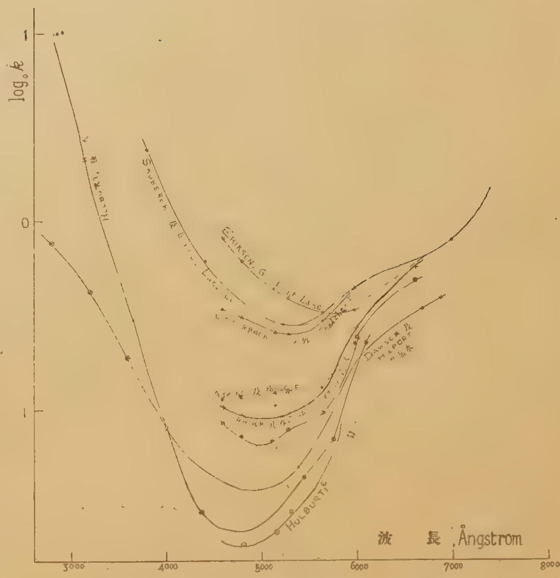
場所	深さ	消滅の係數	5500 Å に於ける吸収率	最小の吸收率	最小の吸收率に對應する波長
Sargasso Sea	2–94	0·056			
	2–95	0·040	0·140	0·104	4990
陸棚崖	4–74	0·062			
	4–23	0·061	0·104	0·07	4990
陸棚	2–44	0·13			
	2–25	0·12	0·30	0·25	4990
Whistle Bay	1–31	0·14	0·65	0·60	4900
	1–25	0·125	0·56	0·54	5790–5685
Vineyard Sound	1–21	0·20	1·2	1·1	5685
Buzzards Bay	1–15	0·25	0·84	0·84	5685

此のやうに實驗室で測つた値が特に大きいことは、此の實驗に於て現場から水を持つ來るとき、生物がその間に増えることを防ぐ爲に 5 ガロンにつき 10 cc の昇汞水を 加へてあるから、その爲の影響と

見ることは出來ない。恐らく此は海に於いては一度散亂されて外へ出た光が 2 度目の散亂で又歸つて來るやうなことがある爲と考へられる。

(6) 測定の誤差 水中の光の強さを測るときに入つて來る種々の誤差とそれの大體の程度は次のやうである。

(i) 光電池から——光電池に接續された外の抵抗が小さい時には、光が餘り強くない範圍で電流の強さは光の強さに比例する。それでも光が強くなれば此の關係がなりたゝなくなる。隨つて、光電池の性質について前以て調べて置くことゝ、光の強い場合には適當な灰色フィルターで強さを弱めるやうにして置く必要がある。此等は光の強さの絕對値を求めやうと云ふ場合には特に注意しなければならない。



第 10 圖 波長と消滅の係數との關係

光電池の感度は溫度に依つて幾らか違ふ。マツダ光電池に就いて見れば、40 μA 位の光電流が流れるときに、10°C の溫度差で 5％ 位の違が出る。此の種の誤差は適當な方法で可成除去することが出來る。

(ii) 光度計から——光度計は普通測らうとする深さに於いて上半球から來る總ての光を取入れるやうに出來て居る。然し、乳白硝子を押へる縁の爲に橫から來る光が遮られる。此の影響は餘り大きくない。又、斜に入つて來る光は硝子の表面で反射される。此の影響は硝子が水に觸れて居るか空氣に觸れて居るかに依つて違ふ。絕對的な明るさを求めるときにもしも空氣中で光度計を補正してあるならば水中で測つた値に 1·09 を乘ずることに前の委員會で決められた。

(iii) 光の成分の變化から——此についてはフィルターの性質を述べたときにすでに記した。4000 Å 以下及び 7000 Å 以上では此の影響は大變に大きい。

(iv) 鋼索の傾斜から——光度計を吊下げに鋼索が傾いて居れば深さの値が違つて來る。此れは綱の傾の角度から補正することが出來る。又、船が搖れて居ればその爲にも深さが週期的に變る。此のときには何時でも振動の同じ位相のときに測定を實行せねばならないから非常に實施が困難になる。光の强さは深さの指數函數になつて居るから深さが少し變つても明るさは可成違ふので、此の爲の誤差は小さくない。

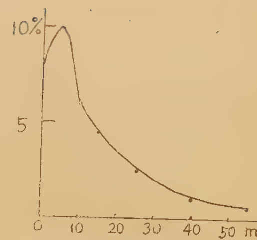
綱が傾けば光度計が傾いて居ることもある。そうすると光を受ける面が水平でない。此を避ける爲に光度計の下に鉛の重錘を吊下げると良い。

(v) 船の蔭から——船は太陽に對して光度計の反對の側に置くやうにしなければいけない。それでも空から來る散亂光線の爲に出來る蔭で幾らか暗くなるし、曇つて居れば蔭の影響は更に大きい。POOLE (1936) は此の程度を次のやうに計算した。表面が滑らかであれば水中の光の方向は $\sin^{-1}(1/n)$ (n は屈折率) の範圍に限られる。隨つて深さが D m に於ける光は表面の 4·0 D^2 m² から來る。此の內船の爲に遮られる面積だけ光の強さが減るとして計算した。表面に於ける値に對しては、橫から眺めた船の面積から計算する。その結果を第 10 圖に示す。もしも太陽が照つて居れば此は圖の 1/3 か 1/6 位に減つ

て了ふ。

(vi) 波から——波があれば船が揺れる他に波が光度計の上を通過するとき、波がレンズの作用をして明暗の縞が出來る。此の影響は淺い所程大きく 10 m 位以深では此の影響は消えてしまふ。

(vii) 太陽の高さ・雲の影響——太陽の高さは水中の光の進行方法に影響するばかりでなく、表面に於ける反射の狀態を變化させる。CLARKE (1936) に依れば太陽の高さが 30° より高ければ反射に依る明るさの減少は殆んど高さに關係しない。隨つて觀測は太陽の高さが 30° より高い時に行つた方が良い。又雲があれば、假令空一面掩はれて居るときでも、急に明るさが變化して測定は非常に困難になる。



第 11 圖 船の蔭の影響 (POOLE, 1936)

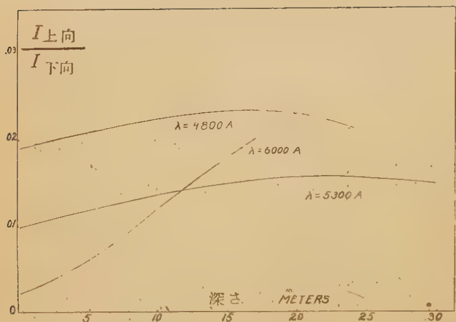
(viii) 船の位置の變化から ——外洋では船の錨で止めることが出來ないから觀測の間に船が流されて違つた性質の水の中に入つてしまふことがある。又船が止めてあつても潮流の爲に同樣な現象が起る。此を避ける爲に觀測は手早く行はなければいけない。

此等の原因に依つて起る誤差は或るものは適當な注意を拂つて避けることが出來、或るものは適當な方法で直すことも出來る。そして結局天候の良い穩やかな時には誤差は 1 % より小さくすることはむづかしくないけれども、天候の悪い海の荒れたときには 10 % 以上の誤差を避けることが出來ないことさへある。

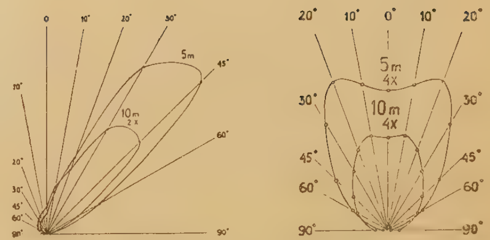
6. 光の狀態に關する色々の事柄

(1) **表面に於ける反射と吸收** 消滅の係數が求められたとき、それから海のある深さに於ける光の强さを計算するには、表面に於て光が減少する程度を知らなければならない。光が空氣から滑めらかな水の表面を通つて中に入れるときには、光の傾に依つて定まつた割合だけ反射される。それは FRESNEL の法則で計算出來る。然し、海のやうに波のある處では此の理論に依つて得られる値は實際上餘り役立ない。表面で反射されて上に向ふ光の割合を R, 水中で散亂されて上に向つて水から外へ出る光の割合を U とする。CLARKE and POWELL (1936) の實驗に依ると、表面が滑らかなとき晴天では太陽の高さが 30° 位までは $R+U$ が 4 %, 曇つて居れば 6~7 % になる。波があれば泡の爲に返つて來る光が增えるけれどもその程度は小さい。船の舳先でさへ 12 % 位に過ぎない。それよりも波があるとき表面で吸收される光が非常に增える。Buzzards Bay で測つた値は 5 m より深いところの値から表面に於ける減少率を計算すれば 30 % もあつた。此が表面の極く薄い層から起ることは Provincetown Harbor の觀測で判る。風力が Beaufort 階級 4 の晴天で、1 m 以深の觀測値から計算した表面の減少率は 15 % であつたが、50 cm 以淺からのは 6 % に過ぎない。此の時表面から上に出る光は $R+U=4.6$ % で $U=3$ % であつた。

(2) **光の散亂する程度** 光は散亂されて、それの一部は水から外へ出る。それの割合は前に述べた。此が深い所でどうなつて居るか、又横向きの光の强さはどうであるかは, CLARKE and POWELL (1936), UTTERBACK (1938), PETTERSSON (1938) 及び VERCELLI (1938) 等に依つて計られた。UTTERBACK が San Juan Archipergo で測つた結果は第 12 圖に示すやうである。此で見るとその樣子は波長に依つて大いに違つて居る。横向きの光の强さは第 4 表に示すやうである。此で見れば深くなれば横向きの光が段々强くなつて行くことが認められる。後で述べる VERCELLI の理論では、此の割合は深さに餘り關係しないことになつて居る。VERCELLI の測つた値はそれで測つた深さが記して無い。VERCELLI の結果は第 7 表にある。



第 12 圖 上向きの光の割合
(UTTERBACK, 1936)



第 13 圖 水中に於ける光の強さの分布
a 太陽を含む斷面 b 太陽に直角の斷面

第 4 表 横向きの光と鉛直の光の影響

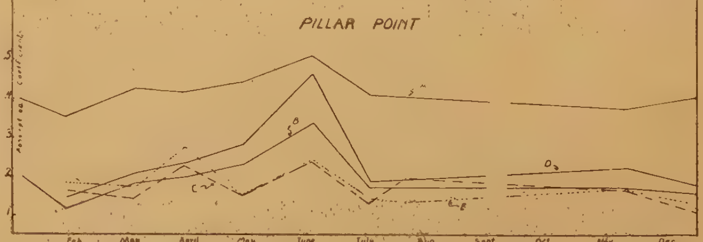
觀測者	測定の場所	深さ	横向きの光の割合 (%) 最大	最小
CLARKE and POWELL	Provincetown	1·5 m	16	3·4
		10	17	7
		2	6	3
	Gulf of Maine	15	20	3
ATKINS and POOLE	England Channel	25	50	

PETTERSSON (1938) はせまい範圍の光だけを受けるやうに設計された光度計を使つて光の強さの分布を調べた。第 13 圖 a は太陽を含む鉛直の斷面の、第 13 圖 b は此れと直角な鉛直な斷面の強さの分布である。眞上から來る光が弱くなつて居るのは光度計を吊す裝置の蔭の爲である。此のやうにして強さの分布を求め、それから上半球から來る光の強さと全體の光の強さとの割合を計算した。その結果は第 5 表に示すやうである。此の結果はある深さに於ける光の全勢力を知る上から大切なものである。

第 5 表 上半球から來る光と全體の光の勢力の割合

深さ (m)	Bornö Gullmars Fjord 晴、澄明な水	Gullmars Fjord の入口、薄曇、稍澄明な水	Koster Fjord 晴、濁つた水ダイアトムが多い
5	1·48	1·41	1·48
10	1·58	1·29	1·50

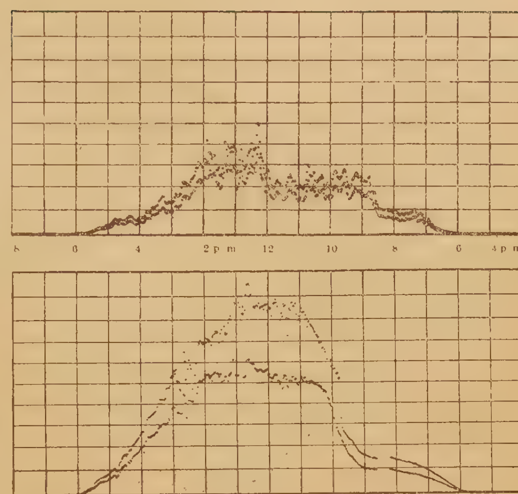
(3) 明るさの 1 年及び 1 日の變化 水中の明るさの 1 年を通じての變化は UTTERBACK が測つた。Pillar Point に於ける値は第 14 圖のやうである。最も澄明な時期は十二月に表れ、最も濁つたのは夏にあつて、此はプランクトンの數の變化と良く一致する。



第 14 圖 消滅の係數の年變化 A : 6000A, B : 5300A, D : 4500A, 0~10 m ; C : 5300 Å, E : 4500 Å, 10~20 m. (UTTERBACK, 1936)

又,1日の間の變化は PETTERSSON and LANDBERG (1934) が測つた。此は第

15 圖のやうであつた。此は光電池を使つた光度計を表面及び 15 m の深さに置き、電流計に繼いで記錄を取つたものである。光の强さは圖の縱軸の長さが、表面に對しては 1000 CP, 15 m に對しては 300 CP に相當して居る。十月三日の記錄で九時に急に明るさが增えて居るのは此の時迄太陽が Bornö の蔭になつて居て日光があたらなかつた爲である。

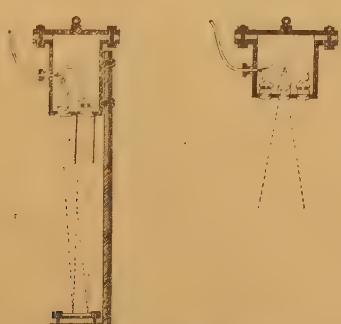


第 15 圖　水中の光の强さが一日中の變化 (0 m 及び 15 m)。　上：九月二十六日，曇　下：十月三日，晴。 (PETTERSSON and LANDBERG, 1934)

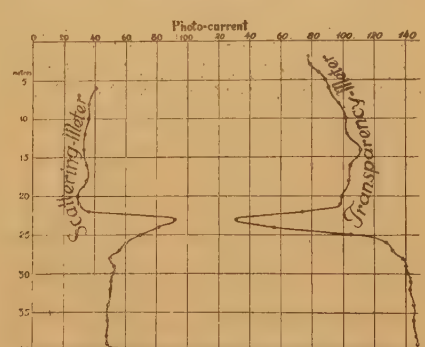
7. 透明度を測る裝置

水の中の光の强さを求め、それから消滅の係數を計算する方法はある程度より深い所では光の强さが弱くなつて正確な値をもとめることが出來ない。殊に緯度の高い地方では冬等は測る範圍は極く淺い所までに限られてしまふ。又、水を汲み上げて實驗室で測る方法は、前に述べたやうに、現場に於ける値と違つて居る。それで、此のやうな場合には、透明度計（むしろ濁度計）が便利である。此の裝置はまた極く薄い層になつて透明度の違つた水があるやうな場合にそれの位置を定めるのに都合が良い。PETTERSSON (1934) は此のやうな透明度計及び光の散亂の强さを測る散光度計を使つて Sweden の西海岸の Fjord に於ける成層を光學的に見出した。第 16 圖は此の裝置で、第 17 圖は此れで測つた結果である。

關口・朝比奈・北岡は日中でも測れるやうに、測定に際して外からの光線を防ぐ掩ひをかぶらせるやうに出來て居る透明度計を設計した。此れならば、日中でも測定が出來るから非常に便利である。たゞ掩ひが及ぼす影響が空氣中と水中とでは可成違つて居るからレンズや絞り等で光線の開きを制限せねばならない。裝置の形狀から表層を極く細かい層に分けて觀測が出來る。河口湖で 3〜4 米の邊に他より幾らか不透明な層があり、その邊は又溫度も高くなつて居ることが認められた。WATTENBERG (1938)



第 16 圖　透明度計（左）及散光度計（右） (PETTERSSON, 1934)



第 17 圖　Koljefjord (Sweden の西海岸) に於ける測定の結果 (PETTERSSON 1934)

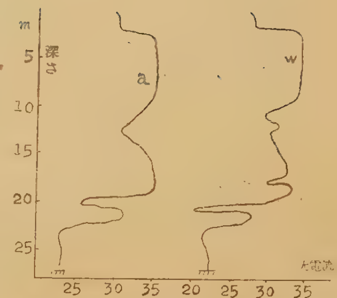
はバルチック海で同樣な實驗を行つた。此の裝置は水が割合に透明な場所でつかはれるやうに、鏡を使

3 度反射させ、凡そ 2m の長さだけ光が水中を通るやうに出來て居る。しかも鏡の間の距離は 35 cm に過ぎず此の裝置は又横の位置に置いても使用出來るから、細かい層に分けて測ることが出來る。第 18 圖は此の裝置で判つた結果である。裝置を横に置いた方が細かい成層が認められて居る。

此のやうな裝置から消滅の係數を計算する爲には、實驗に取り掛る前に空氣中で電球の明るさを測つて置かなければならない。又計算の便利の爲に光を通過する距離が 1 m になるやうに作ることを前述の委員會は薦めて居る。空氣中の明るさを I_0, 水中のを I とすれば、消滅の係數 k は次の式で計算される。

$$I=I_0e^{-k}\times 1{\cdot}9 \quad \text{又は} \quad k=0{\cdot}64+\log(I_0/I)$$

此で 1·9 は空氣と水の屈折率の違ひに基く常數である。



第 18 圖 バルチック海に於ける透明度の變化
a 縦に置く b 横に置く
(WATTENBERG, 1938)

8. 消滅の係數、水中の光の强さの分布等に關する理論

光が水又は水溶液の中を通る時に受ける吸收や散亂に就ては多くの文獻が出版されて居る。此のやうな全く物理的な研究には觸れないで、海の中に入つて行く光に就ての二三の研究を紹介する。

HULBURT (1932) は RAMAN-EINSTEIN-SMOLUKOWSKI(1) の散亂の式と實驗の結果から計算した吸收率とを基として海の中の光の各の波長に於ける强さを計算し、BEFBE の觀測と可成良く一致することを示した。先づ、光の吸收率 γ は眞の吸收と散亂とに依つて起る部分とから出來て居る。後の散亂の係數 α は RAMAN-EINSTEIN-SMOLUKOWSKI に依て次の式から計算出來る。

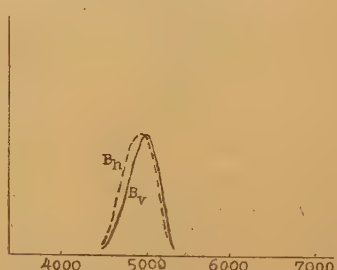
$$\alpha=\frac{8\pi^3}{27}\frac{\sigma RT}{N\lambda^4}(\mu^2-1)^2(\mu^2+2)^2$$

此で、μ, λ, R, N, σ はそれぞれ水の屈折率，光の波長，ガス常數，AVOGADRO の數及び水の等溫壓縮率である。尙、光の偏光狀態に依つて起る誤差に對する補正は 30% より小と考へられるから省いた。此の α と吸收率 γ とを比べると、眞の吸收係數 $\gamma-\alpha$ は散亂係數 α の 3 倍より常に大きい。それで、1 度散亂した光が 2 度目の散亂で前の方向に補はれる影響は考へないで良い。此等の γ 及び α の値は、後の種々の數と一緒に第 6 表に出て居る。

そこで實驗から得た吸收率と太陽の光の强さの波長に依る分布とが判れば、それから或る深さに於る

第 6 表 深さ 800 ft に於る上及び横の明るさ

波長 Å	γ	α	光の强さ	B_v	B_h
4000	$9{\cdot}32\times10^{-2}$	$6{\cdot}8\times10^{-3}$	0·00	0·00	0·00
4200	4·14	5·4	0·00	0·00	0·00
4400	2·30	4·61	1·32	0·115	0·158
4600	1·66	3·9	7·60	1·64	2·30
4800	1·54	3·28	9·92	5·12	6·54
5000	1·61	2·76	8·50	7·20	7·40
5200	1·95	2·25	3·70	3·68	2·54
5400	2·98	1·90	0·30	0·27	0·09
5600	4·14	1·64	0·00	0·00	0·00
5800	7·46	1·42	0·00	0·00	0·00
6000	16·5	1·33	0·00	0·00	0·00



第 19 圖 800 呎に於いて上及び横を見たときの明るさの分布
(HULBURT, 1932)

(1) RAMAN: Proc. Roy. Soc., 101, (1922), p. 64. KRISHMAN: Phil. Mag, 50, 1925, p. 697.

各々の波長の光の強さが勘定出來る。800 呎の深さに於る値が第 6 表にある。此に目の感度を掛ければ、そこに於る各波長の明るさが判る。第 6 表と第 19 圖の B_v が此である。

横の方へ散亂されて出る割合 β は RAMAN-EINSTEIN-SMOLUKOWSKI に依つて

$$\beta=\frac{\pi^2}{18}\frac{\sigma RT}{N\lambda^4}(\mu^2-1)(\mu^2+2)^2=5{\cdot}97\times10^{-2}\cdot\alpha$$

であるから、海中で横を見たときの光の強さは

$$i_h=\int_0^\infty \beta i e^{-\gamma z}dz=i\beta/\gamma$$

である。此に目の感度を乘ずれば横を見たときの明るさ B_h が出る。B_h は第 6 表及第 19 圖にあるが、それの最大は 4900 Å の邊にある。此は BEEBE の得た 5200 Å とは聊か違つて居るけれども、BEEBE の觀測も餘り正確でなく、此の計算も精密でないから此の位の違は仕方がない。

VERCELLI (1934) は觀測の結果から直接に吸收の係數と散亂の係數とが勘定出來るやうな式を導いた。I, J は深さ z に於る鉛直及び水平の光の强さで、それらの表面に於る値を I_0, J_0 とする。α, β を吸收及び散亂の係數とすれば、次のやうな微分方程式が得られる。

$$dI/dz=-\alpha I+\beta(I-J),\quad dJ/dz=\alpha J-\beta(I-J)^*$$

今、

$$\gamma^2=\alpha(\alpha+\beta),\quad \varepsilon=\beta/(\alpha+\beta+\gamma)$$

とし、考へて居る層より下のある深さ h に於いて $I/J=\mu$ とすれば、此の μ は水の濁りの程度を示す

第 7 表

Capri (イタリー) に於る消滅の係數, 吸收の係數及び散亂の係數 1

	深さ (m)	4000	4330	4630	4940	5300	5720
消滅の係數	1—5	0·094	0·078	0·044	0·045	0·064	0·105
	5—10	83	62	38	45	60	95
	10—20	78	53	34	36	51	85
	20—40	72	44	31	31	49	80
	40—100	69	38	28	29	47	74
	100—200	62	37	25	27	45	
	200—300	56	37	22	22		
	>300		34	16	16		
J/I (%)		5·0	4·5	3·5	2·5	1·3	0·8
吸收の係數	1—5	0·085	0·071	0·041	0·043	0·062	0·104
	5—10	75	56	35	38	58	94
	10—20	70	48	32	34	50	84
	20—40	65	40	29	29	48	79
	40—100	63	35	26	28	46	73
	100—200	56	34	23	26	44	
	200—300	50	34	20	21		
	>300		31	15	15		
散亂の係數	1—5	0·009	0·007	0·003	0·002	0·002	0·002
	5—10	8	6	3	2	2	2
	10—20	8	5	2	2	1	1
	20—40	7	4	2	2	1	1
	40—100	7	3	2	1	1	1
	100—200	6	3	2	1	1	
	200—300	6	3	2	1		
	>300		3	1	1		

* 此の式の意味は良くわからない。TAKENOUTI, Y ; 本誌, 5 (4), 1936, p. 225.

第 7 表(續) 赤色光の部

	深さ (m)	6170	6600	7280	7500
消滅の係數	10—50 cm		1·11	2·00	3·43
	1—2 m	0·53	0·71	1·17	2·20
	2—5	0·36	0·45	0·94	
	5—10	0·25	0·36		
	10—20	0·21	0·29		
	20—40	0·17			
J/I (%)		0·90	0·20	0·10	0·06
吸收の係數	10—50 cm				
	1—2 m	0·53	0·71	1·17	2·20
	2—5	0·36	0·45	0·94	
	5—10	0·25	0·36		
	10—20	0·21	0·29		
	20—40	0·17			
散亂の係數	10—50 cm				
	1—2	0·003	0·003	0·002	0·002
	2—5	2	2	2	
	5—10	1	1		
	10—20	1	1		
	20—40	1			

量となる。$\theta=(\varepsilon-\mu)/(\varepsilon^{-1}-\mu)$ で定義された θ を使へば、前の微分方程式は積分されて

$$I/I_0=e^{-\gamma z}(1-\theta e^{-2\gamma(h-z)})/(1-\theta e^{-2\gamma h})$$

$$J/J_0=e^{-\gamma z}(\varepsilon-\varepsilon^{-1}\theta e^{-2\gamma(h-z)})/(1-\theta e^{-2\gamma h})$$

となる。此の式は h が大きいときは、一般に θ は 1 より小いから、簡單に次のやうに書き換へられる。

$$I=I_0e^{-\gamma z},\quad J=J_0\varepsilon e^{-\gamma z}$$

此の式は普通 γ を計算する式と同じものであるから、此の γ は觀測から計算出來る。又表面に於ける I と J との比 A を求めれば此は上の式から $A=\varepsilon$ であることがわかる。γ と ε が求められるから、前の式から α, β を解けば

$$\alpha=\gamma(1-A)/(1+A),\quad \beta=2\gamma A(1-A^2)$$

となる。γ, A は觀測から求められる量であるから α, β は觀測の結果からわかる。

VERCELLI (1938) は Zeiss のフィルターと寫眞乾板とを使つて、水平の光の强さを測つた。而て此の觀測の結果を上に述べた理論に應用して、吸收の係數と散亂の係數とを勘定した。それらは第 7 表に示す通りである。此の散亂の係數の値は少し小さすぎるやうである。VERCELLI の理論は實際の觀測に應用される點で興味が深いけれども、その根底となる微分方程式の意味が不明瞭なのが殘念である。

文獻

(1) ATKINS, W. R. G.: Solar radiation and its transmission through air and water. J. du Conceil, **7** (2), 1932, p. 171.

(2) ATKINS, W. R. G., N. G. BALL and H. H. POOLE: The photo-electric measurment of the diurnal variation in daylight in temperature and tropical region. Proc. Roy. Soc. London, A, **160**, 1937, p. 526.

(3) ATKINS, W. R. G., G. L. CLARKE, H. PETTERSSON, H. H. POOLE, C. L. UTTERBACK and A. ÅNGSTRÖM: Measurement of submarine daylight. J. du Conseil, **13**, 1938, p. 37.

(4) ATKINS, W. R. G. and H. H. POOLE: The use of cuprous oxide and other rectifier

photocells in submarine photometry. J. Mar. Biol. Assoc., N. S. **19**, 1933, p. 67.

(5) Atkins, W. R. G. and H. H. Poole: The photo-electric measurement of the penetration of light of various wave-lengths into the sea and the physiological bearing of the results. Phil. Trans. Roy. Soc. London; B, **222**, 1933, p. 129.

(6) Ångström, A.: On the unit for radiation in oceanic research. Rap. Proc.-Verb. Reun., **101** (2), 1936.

(7) Bertel, R.: Description d'un spectrographe sous-marin pour les recherches qualitatives de la lumière à diffèrentes profondeurs de la mer. Ann. de l'Inst. Océanogr. **3** (6), 1912.

(8) Clarke, G. L.: Observation on the penetration of daylight into Mid-Atlantic and coastal waters. Biol. Bul. **65** (2), 1933, p. 317.

(9) Clarke, G. L.: Light penetration in the western north Atlantic and its application to biological problems. Rap. Proc.-Verb. Reun., **101** (2), 1936.

(10) Clarke, G. L. and H. R. James: Laboratory analysis of the selective absorption of light by sea water. J. O. S. A., **29** (2), 1939, p. 43.

(11) Clarke, G. L. and R. H. Oster: The penetration of the blue and red components of daylight into Atlantic coastal waters and its relation to phytoplankton metabolise. Biol. Bull., **67**, 1936, p. 59.

(12) Darby, H. H., E. R. F. Johnson and G. W. Barnes: Studies in the absorption and scattering of solar radiation by the sea. Spectrographic and photo-electric measurements. Papers Tortugas Lab. of Carnegie Inst. of Wash. **31**, 1937, p. 191.

(13) Dawson, L. H. and H. O. Hulburt: Absorption of ultra-violet and visible light by water. J. O. S. A., **24** (7), 1934, p. 175.

(14) Erikson, H. A.: Light intensity at different depth in lake water. J. O. S. A, **23**, 1933, p. 170.

(15) Graham, M.: Trial of methods of measuring transparency of sea water. Rap. Proc.-Verb. Reun. **108** (2), 1938.

(16) Houstoun, R. H.: Note on the absorption of light. Trans. Opt. Soc., **33** (2), 1931–'32, p. 63.

(17) Hulburt, E. O.: Transparency of ocean water and the visibility curve of eye. J. O. S. A. and R. S. I., **13**, 1926, p. 553.

(18) Hulburt, E. O.: The penetration of ultraviolet light into pure water and sea water. J. O. S. A. and R. S. I., **17**, 1928, p. 15.

(19) Hulburt, E. O.: On the penetration of daylight into the sea. J. O. S. A., **31**, 1932, p. 408.

(20) Kalitin, H. H.: Messungen des Salzgehalten von Lösungen mittels der photo-elektrischen Methode. Ann. d. Hydrog. u. Mar. Meteol., **56**, 1926, p. 352.

(21) Kalle, K.: Zum Problem der Meerwasserfarbe. Ann. d. Hydrog. u. Mar. Meteol. **60**, 1938, p. 1.

(22) Lauscher, F. mit E. Friedl und E. Niederdorfer: Beobachtungen über das Eindringen des Lichtes in einen See. Gerl. Beit. z. Geophys. **42** (4), 1934, p. 423.

(23) Oster, P. H. and G. L. Clarke: The penetration of the red, green and violet com-

ponent of daylight into Atlantic waters. J.O.S.A., **25**, 1935, p. 1.

(24) PETTERSSON, H.: A transparency-meter for sea water. Göteborgs Kungl. Vet.-och Vitt.-Samh. Handl. 5 Föl., Ser. B. **3** (8), 1934.

(25) PETTERSSON, H.: The transparency of sea water. Rap. Proc.-Verb. Reun., **101** (2), 1936.

(26) PETTERSSON, H.: Transparency of sea water. Nature, **137**, 1936, p. 68.

(27) PETTERSSON, H.: Measurements of the angular distribution of submarine light. Rap. Proc.-Verb. Reun. **108** (2), 1938.

(28) PETTERSSON, H. and S. LANDBERG: Submarine daylight. Göteborgs Kungl. Vet.-och Vitt.-Samh. Handl. 5 Föl., Ser. B. **3** (7), 1934.

(29) POOLE, H.H.: The photoelectric measurement of submarine illumination in off-shore waters. Rap. Proc.-Verb. Reun. **101** (2), 1936.

(30) POOLE, H.H.: Measurement of Submarine daylight. Nature, **140** (3532), 1937, p.

(31) POOLE, H.H.: The effect of surface condition on the intensity and angular distribution of submarine daylight. Rap. Proc.-Verb. Reun., **108** (2), 1938.

(32) POOLE, H.H. and W.R.G. ATKINS: Experiments on the suitability of some rectifier photocells for the measurement of daylight. Sci. Proc. Roy. Dublin Soc.. N.S. **20** (36), 1933, p. 537.

(33) POOLE, H.H. and W.R.G. ATKINS: The use of a selenium rectifier photo-electric cell for submarine photometry. J. Mar. Biol. Ass., **19** (2), 1934, p. 727.

(34) POOLE, H.H. and W.R.G. ATKINS: The penetration into the sea of various wave-length as measured by emission of rectifier cells. Proc. Roy. Soc. London. B. **123**, 1937, p. 151.

(35) POWELL, W.M. and G.L. CLARKE: The reflection and absorption of daylight at the surface of the ocean. J.O.S.A., **26** (3), 1936, p. 111.

(36) SAUBERER, F. und O. ECKEL: Zur Mathodik der Strahlungsmessungen unter Wasser. Int. Rev. d. gesamt. Hydrob. u. Hydrog. **37** (4/5), 1938, p. 257.

(37) SAWYER, W.R.: The spectral absorption of light by pure water and Bay of Fundy water. Contr. Canad. Biol. Fish., N. S. **7** (8), D. 1, 1931, p. 75.

(38) 關口鯉吉・朝比奈貞一・北岡龍海: 河口湖及西湖の水質に關する光學的並化學的檢測. 氣象集誌, **14** (5), 1936, p. 211.

(39) STEPHENSON, E.B.: Absorption of light by sea. J.O.S.A., **24** (8), 1934, p. 220.

(40) TAKENOUTI, Y.: Solar radiation in lake waters. 本誌 **5** (3), 1936, p. 149.

(41) TAKENOUTI, Y.: Effects of obstacles upon the submarine illuminations. I. 本誌 **5** (4), 1936, p. 224.

(42) UTTERBACK, C.L.: Light penetration in the waters of southern Alaska. J.O.S.A., **23**, 1933, p. 339.

(43) UTTERBACK, C.L.: Spectral bands of submarine solar radiation in the north Pacific and adjacent inshore waters. Rap. Proc.-Verb. Reun. **101** (2), 1936.

(44) UTTERBACK, C. L. and J. W. BOYLE: Light penetration in the waters of the San Juan Archipelago. J.O.S.A., **23**, 1933, p. 399.

(45) UTTERBACK, C.L. and P.M. HIGGS: A submarine photometer for studying the distribution in the sea. J.O.S.A., **28** (4), 1938, p. 100.

(46) Utterback, C. L. and E. K. Miller: Variation in components of submarine daylight for 1935 and 1936. J. du Conceil, 12, 1937, p. 305.

(47) Utterback, C. L. and W. Jorgensen: Absorption of daylight in the north Pacific ocean, J. du Conseil, 9 (2). 1934, p.

(48) Utterback, C. L. and W. Jorgensen: Scattering of daylight in the sea. J. O. S. A., 26 (6), 1936, p. 257.

(49) Ullyott, P.: Photoelektrische Apparate im Dienste der limnologischen Forschung. Int. Rev. d. gesamt. Hydrob. u. Hydrog., 30, 1934, p. 164.

(50) Young, R. T.: On the calculation of adsorption coefficients of daylight in natural waters. J. O. S. A., 28 (4), 1938, p. 95.

(51) Vercelli, F.: Sulla propagazione delle radiazioni solari attraverso l'acqua. James Johnstone Mem. Vol. (Liverpool), 1934.

(52) Vercelli, F.: Misure sulla penetrazione della luce nella acque di Rodi Mem. 256, Cons. Naz. d. Ric., R. Com. Talasg. Ital., 1939.

(53) Wattenberg, H.: Untersuchungen über Durchsichtigkeit und Farbe des Seewassers. I. Kiel. Meeresf. 2 (2). 1938, p. 293.

(54) William, E. A. and C. L. Utterback: Seasonal change in components of submarine daylight. J. O. S. A., 25, 1935, p. 384.

記　　事

六　月　例　會

昭和十四年六月十日(土)午後一時十分より午後三時半まで、水産講習所第二十二教室に於て開催し、次の講演ありたり。座長寺尾新氏、出席會員 11 名。

1. **北日本に於けるイワシ·イカ·タラの漁況に就て** 田内森三郎·三善清旭（水産講習所）
2. **マコガレイ卵發生に及ぼす水温及び鹽分の影響に就て** 山本孝治（朝鮮總督府水產試驗場）
3. **牛肉と魚肉の榮養價** 若松三郎（小濱水產學校）

九　月　例　會

昭和十四年九月十六日（土）午後一時十五分より午後三時二十分まで、水産講習所第二十二教室に於て開催し、次の講演ありたり。座長寺尾　新氏、出席會員 12 名、傍聽者 1 名。

1. **ニシキベラの發生に就て** 久保伊津男（水產講習所）
2. **マイワシの年齢と種族に就て** 相川廣秋（水產試驗場）

十　月　例　會

昭和十四年十月十四日（土）午後一時二十分より午後二時三十分まで、水產講習所第二十二教室に於て開催し、次の講演ありたり。座長田内森三郎氏、出席會員 9 名。

1. **小湊灣及び天津沖で漁獲されたムツの組成** 安田秀明·家久　了（水產講習所）
2. **定常な湧昇流に就て** 岡田光世（水產講習所）

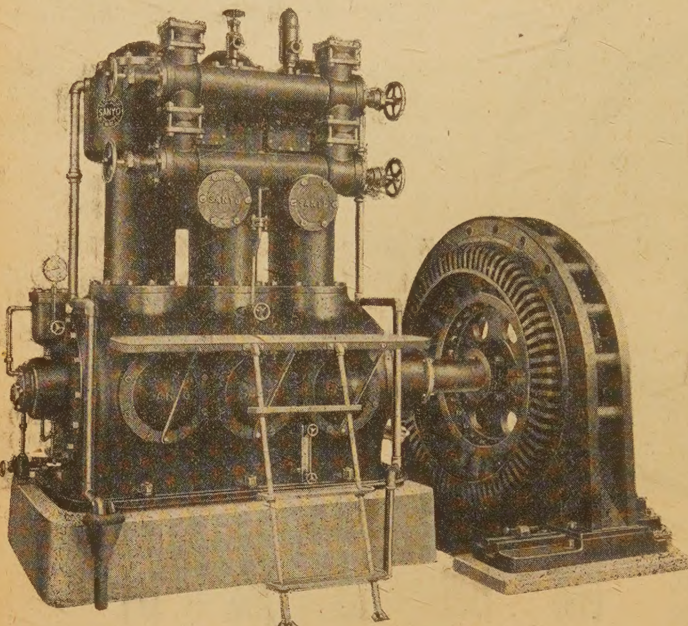
十　一　月　例　會

昭和十四年十一月十一日（土）午後一時十分より水產講習所第二十二教室に於て開催し、次の講演ありたり。座長寺尾新氏、出席會員 20 名、傍聽者 3 名。

1. **魚卵の孵化に及ぼす卵密度の影響** 黑木榮一（水產講習所）
2. **赤沼式比重計の比重測定精度に關する實驗** 宇田道隆·山下利得（水產試驗場）
3. **魚體各部の含有油脂の性狀に就て 第三報** 深山義道·猿谷九萬·長谷川漸成（水產講習所）
4. **昭和十二·十三兩年度に於ける北洋鮭鱒屬魚類の標識放流試驗に就て** 佐藤六治（水　產　局）

國產の權威

二〇〇噸同期電動機直結型壓縮機



SM式

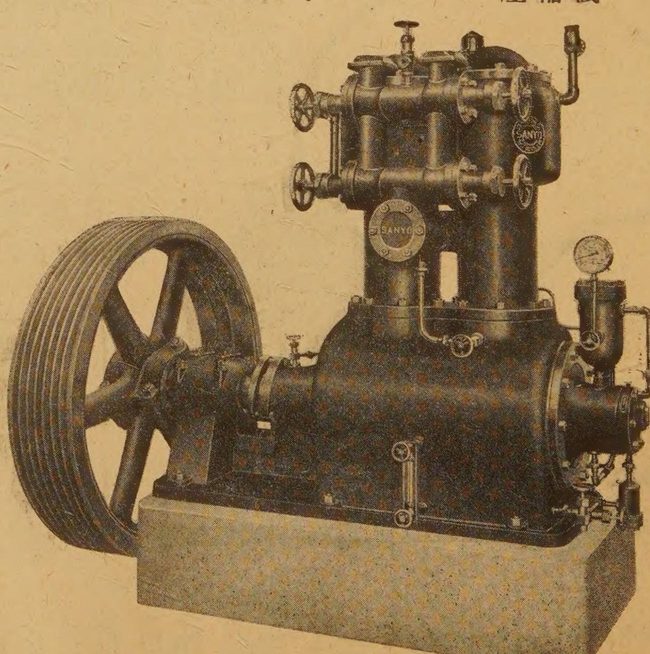
製氷機械と冷藏裝置

納入臺數 壹、貳〇〇臺
總噸數 二〇、〇〇〇餘噸

本社の特徵

技術者優秀
工場完備
納入迅速
確實低廉

九吋×九吋アンモニア壓縮機



合名會社

山陽鐵工所

大阪市港區北境町四丁目七

電話（長）西一九二六
西一四七五

日本水產學會例會

十一月例會。十一月十一日（第二土曜日）午後一時水産講習所第二十二教室に於て。

1. 魚卵孵化に及ぼす卵密度の影響……黑木榮一氏（20分）
2. 赤沼式比重計の比重測定精度に關する實驗……宇田道隆氏・山下利得氏（20分）
3. 魚體各部の含有油脂の性狀に就て（第三報）……深山義道氏・猿谷九萬氏・長谷川漸成氏（15分）
4. 昭和十二・十三兩年度に於ける北洋鮭鱒屬魚類の標識放流試驗に就て……佐藤六治氏（20分）

十二月例會。十二月九日（第二土曜日）午後一時水産講習所第二十二教室に於て。

1. マイワシの產卵期及び產卵區域に就て……相川廣秋氏（25分）
2. 南氷洋に於ける捕獲鯨の組成……松浦義雄氏（20分）
3. 魚體の各部に含有する油脂の性狀に就て（第四報）……深山義道氏・長谷川漸成氏・石川福助氏（10分）
4. 寒天原藻の寒天質抽出量に關する二・三の研究……青木克氏（20分）

會員移動

入會。田村始氏　中村中六氏　井上邦利氏　柳澤忠實氏
尾崎二郎氏

退會。小島省吾氏　加藤益夫氏　稻葉忠衛氏

除名。朝倉要三氏　新井藤一郎氏　飯塚清氏　池田兵司氏
入澤武夫氏　大西正義氏　尾崎正夫氏　金澤嶺之助氏
木村宗太郎氏　菰田太郎氏　佐藤源輔氏　高芝愛治氏
高山忠美氏　瀧川悟氏　辻永勝明氏　長谷川喜一氏
花田信次郎氏　馬場吉信氏

昭和十四年十一月廿日印刷
昭和十四年十一月廿五日發行　第八卷第四號

編輯兼發行者　三宅驥一
東京市深川區越中島水產講習所內

印刷者　島連太郎
東京市神田區美土代町十六番地

印刷所　三秀舍
東京市神田區美土代町十六番地

本號定價70錢　送料六錢
年六回發行
一年分前金四圓（送料三十六錢）

發行所　日本水產學會
東京市深川區越中島水產講習所內
振替口座東京　五九五二九

發賣所　岩波書店
東京市神田區一ツ橋通町
電話九段（33）代表番號 0187（4）
振替口座東京　二六二四〇